

⑤④ Procédé pour la production d'un composite thermoplastique cintré, composite thermoplastique cintré et système pour la fabrication d'un composite thermoplastique cintré.

②② Date de dépôt : 31.12.21.

③⑦ Priorité :

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *ARKEMA FRANCE SA — FR.*

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 07.07.23 Bulletin 23/27.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 03.05.24 Bulletin 24/18.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : ZOLLER Alexander, GERARD Pierre
et LE FICHANT Audrey.

⑦③ Titulaire(s) : ARKEMA FRANCE SA.

⑦④ Mandataire(s) : ARKEMA FRANCE.



Description

Titre de l'invention : Procédé pour la production d'un composite thermoplastique cintré, composite thermoplastique cintré et système pour la fabrication d'un composite thermoplastique cintré.

DOMAINE DE L'INVENTION

- [0001] La présente invention concerne le domaine des composites thermoplastiques et plus préférablement le domaine des éléments de renforcement.
- [0002] La présente invention concerne un procédé pour la production d'un composite thermoplastique cintré, un composite thermoplastique cintré et un système pour la fabrication d'un composite thermoplastique cintré.

DESCRIPTION DE L'ART CONNEXE

- [0003] Des éléments de renforcement sont communément utilisés pour renforcer des structures dans plusieurs domaines tels que l'automobile, les transports, l'aéronautique, l'aérospatiale, le photovoltaïque, la construction et le bâtiment, et/ou dans des applications d'énergie éolienne.
- [0004] Actuellement, un élément de renforcement sous la forme d'éléments de renforcement composites est connu.
- [0005] Habituellement, un élément de renforcement composite comprend une matrice (généralement une matrice polymérique comportant un polymère thermodurcissable) et des fibres. De tels éléments de renforcement composites sont souvent produits par un procédé de pultrusion et possèdent un profil linéaire.
- [0006] Les procédés de pultrusion conventionnels impliquent le mouillage des fibres et leur imprégnation en les passant par un bain de résine et le refroidissement du paquet imprégné. C'est donc une configuration linéaire. Les éléments de renforcement composites résultants sont généralement fabriqués directement sous leur forme finale (linéaire).
- [0007] La forme linéaire ne permet pas de satisfaire toutes les exigences de l'industrie. Les polymères thermodurcissables ne peuvent être appliqués de manière universelle en raison du volume de transport et de stockage élevés et sont en outre plus coûteux. De plus, avec l'évolution des domaines d'application, de nouvelles formes géométriques sont nécessaires, en particulier un élément de renforcement cintré.
- [0008] On sait qu'on peut fabriquer un élément de renforcement avec une résine comprenant un polymère thermoplastique. De manière avantageuse, l'élément de renforcement comprenant un polymère thermoplastique peut être successivement chauffé et refroidi.
- [0009] Cependant, des chauffages successifs réduisent la stabilité thermique et, de manière défavorable, certaines caractéristiques de l'élément de renforcement diminuent, telles

que la résistance au cintrage, la résistance à la flexion, la rétention et la délamination.

[0010] Par ailleurs, comme indiqué, on ne peut pas changer la forme des thermodurcissables après refroidissement, de sorte qu'il n'est pas possible d'adapter la courbure de la structure à renforcer ou de la modifier après refroidissement pour le transport ou le stockage, par exemple.

[0011] De plus, avec des composites thermodurcissables ou thermoplastiques actuels, le point de courbure comprend la compression des fibres qui deviennent incapables de résister à la tension et réduit drastiquement le renforcement des structures.

[0012] De plus, de nos jours, un thermodurcissable doit être façonné manuellement dans le procédé de pultrusion, ce qui requiert des coûts et du temps additionnels.

[0013] Actuellement, avec le polymère thermoplastique, le chauffage est habituellement réalisé dans un four conventionnel, et le polymère thermoplastique peut être façonné plusieurs fois. Ceci facilite le façonnage sur site et réduit les problèmes de transport et de stockage.

[0014] Cependant, la température de chauffage et la durée du chauffage avec le procédé de pultrusion actuel de polymères thermoplastiques induisent une dégradation de surfaces, une possible dégradation de la résine, et comme le chauffage n'est pas uniforme, un décalage de phase thermique significative réduisant les qualités thermiques entre le centre de l'élément de renforcement et ses parois (par exemple la zone la plus à l'extérieur). De plus, le chauffage est très lent (plus de 5 minutes) et par conséquent ralentit la fabrication et la production.

[0015] Ainsi, il est nécessaire de trouver une solution pour produire un composite thermoplastique cintré comportant des qualités mécaniques et chimiques améliorées, notamment sans dégradation sur la surface et avec un décalage de phase thermique réduit tout en garantissant un stockage plus aisé ainsi qu'un temps de transport et des coûts réduits.

Résumé de l'invention

[0016] Ce qui suit constitue un résumé simplifié d'aspects, de modes de réalisation et d'exemples choisis de la présente invention afin de fournir une compréhension de base de l'invention. Cependant, le résumé ne constitue pas un aperçu complet de tous les aspects, modes de réalisation et exemples de l'invention. Le seul objectif du résumé est de présenter des aspects, modes de réalisation et exemples choisis de l'invention sous une forme concise comme introduction à la description plus détaillée des aspects, modes de réalisation et exemples de l'invention qui suit le résumé.

[0017] L'invention a pour objectif de remédier aux inconvénients de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose **un procédé pour la production d'un composite thermoplastique cintré**, à partir d'un composite thermoplastique, ledit composite thermo-

plastique comprenant 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres, ledit procédé comprenant :

- Une étape de mise à disposition du composite thermoplastique, préfé-
rablement à partir d'un procédé de pultrusion,
- Une étape de chauffage d'une partie du composite thermoplastique, ledit
chauffage étant choisi parmi un chauffage par conduction, radial et/ou volu-
métrique, et une durée de chauffage et/ou une température de chauffage étant
choisies en fonction d'au moins une épaisseur du composite thermoplastique,
- Une étape de création d'une section cintrée dans la partie chauffée en cintrant
la partie chauffée, et
- Une étape de refroidissement de la section cintrée pour la solidifier et pour
former un composite thermoplastique cintré, à une température de refroi-
dissement et/ou une durée de refroidissement choisies en fonction de la tem-
pérature de transition vitreuse (Tg) du composite thermoplastique cintré.

[0018] Un tel procédé permet de produire un composite thermoplastique cintré comportant des qualités mécaniques et chimiques améliorées, notamment sans dégradation sur la surface et avec un décalage de phase thermique (Δ) réduit tout en garantissant un gain de temps et une réduction des coûts.

[0019] En effet, grâce au procédé, le chauffage est rapide et dépend de l'épaisseur du composite thermoplastique, ce qui permet d'adapter le chauffage au composite thermo-
plastique et par conséquent de réduire la différence entre la température intérieure et la
température de surface du composite thermoplastique. Ceci garantit que le décalage de
phase responsable de la résistance est réduit même dans le point de courbure.

[0020] De plus, la composition du composite thermoplastique comportant 35 % ou moins en
volume d'une matrice polymérique comportant des polymères (méth)acryliques, et au
moins 65 % en volume de fibres permet de réduire la température de chauffage et la
durée du chauffage. En outre, un volume de fibres d'au moins 65 % améliore les
propriétés mécaniques et chimiques de la section cintrée.

[0021] Le procédé permet d'adapter les qualités de cintrage, de résistance, et de chaleur aux
composites thermoplastiques, pour un élément de renforcement.

[0022] De plus, le procédé permet de faciliter le stockage et le transport d'un élément de
renforcement cintré puisque le façonnage peut être fait sur site et conduit rapidement.
Le procédé permet également d'adapter la courbure de la structure à renforcer ou de la
modifier après refroidissement.

[0023] Selon d'autres caractéristiques facultatives du procédé, il peut éventuellement
comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes seules ou en combinaison
:

- l'étape de chauffage est un chauffage radial, préférablement un chauffage par IR,
- la durée de chauffage est inférieure ou égale à 95 secondes, préférablement inférieure ou égale à 60 secondes, préférablement avec une température intérieure du composite thermoplastique qui est inférieure ou égale à 180 °C,
- entre l'étape de chauffage et l'étape de refroidissement, la différence de température entre une température intérieure et une température extérieure du composite thermoplastique va de 0 °C à 50 °C, préférablement après 30 secondes de chauffage,
- la différence de température entre une température intérieure et une température extérieure du composite thermoplastique pendant l'étape de chauffage est inférieure ou égale à 80 °C, préférablement avec une durée de chauffage inférieure ou égale à 95 secondes,
- le composite thermoplastique est obtenu à partir d'un procédé de pultrusion, préférablement un procédé de pultrusion réactive,
- le composite thermoplastique est réticulé, partiellement réticulé ou non réticulé.

[0024] Selon **un autre aspect** de la présente invention, un **composite thermoplastique cintré** est fourni, obtenu à partir d'un composite thermoplastique, ledit composite thermoplastique comprenant 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres.

[0025] Un tel composite thermoplastique cintré présente une résistance mécanique améliorée même au niveau de sa courbure. La flexibilité est améliorée, et les fibres du composite thermoplastique cintré ne présentent pas de flambements ou de fissures et présentent une résistance homogène. De plus, un tel composite thermoplastique cintré ne présente pas de dégradation de sa surface. En outre, un tel composite thermoplastique cintré peut être aisément cintré, et sur demande, à proximité du site. Avantageusement, un composite thermoplastique cintré satisfait aux exigences de la norme ASTM D7957 et plus avantageusement aux exigences de la norme ASTM D7914 et présente des propriétés de cintrage similaires à des thermodurcissables cintrés à la main disponibles dans le commerce.

[0026] Selon **un autre aspect**, l'invention concerne une utilisation d'un composite thermoplastique cintré selon l'invention dans les domaines de l'automobile, des transports, de l'aéronautique, du nautisme, des chemins de fer, du sport, de l'aérospatiale, du photovoltaïque, de la construction et du bâtiment, et/ou dans des applications d'énergie éolienne. Préférablement, le composite thermoplastique est utilisé afin de renforcer une structure dans les domaines de l'automobile, des transports, de l'aéronautique, des chemins de fer, du sport, de l'aéronautique, de l'aérospatiale, du photovoltaïque, de la

construction et du bâtiment, et/ou dans des applications d'énergie éolienne.

[0027] Une telle utilisation permet de renforcer des structures dans différents domaines d'application.

[0028] Selon un autre aspect, l'invention concerne un système pour la fabrication d'un composite thermoplastique cintré à partir d'un composite thermoplastique, ledit composite thermoplastique comprenant 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres, ledit système comprenant :

- Un dispositif de chauffage qui est configuré pour chauffer une partie du composite thermoplastique, ledit dispositif de chauffage étant choisi parmi un chauffage par conduction, radial et/ou volumétrique et la durée de chauffage et/ou la température de chauffage étant choisies en fonction d'au moins l'épaisseur du composite thermoplastique,
- Un dispositif de cintrage qui est configuré pour créer une section cintrée dans la partie chauffée par cintrage de la partie chauffée, et
- Un dispositif de refroidissement qui est configuré pour solidifier la section cintrée et pour former un composite thermoplastique cintré, à une température de refroidissement et/ou une durée de refroidissement choisies en fonction de la température de transition vitreuse du composite thermoplastique.

[0029] Un tel système permet de fabriquer aisément un composite thermoplastique cintré. De plus, il permet de réduire le temps et les coûts.

Brève description des dessins

[0030] Ce qui précède et d'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention deviendront plus clairs à partir de la description détaillée suivante lorsqu'elle est prise conjointement avec les dessins qui l'accompagnent dans lesquels :

[Fig.1] représente un diagramme de flux d'un procédé selon un mode de réalisation de l'invention

[Fig.2] représente un exemple de la température de chauffage et du delta de température en fonction du temps pour une tige de composite thermoplastique D16 mm.

[Fig.3] représente un exemple de la température de chauffage et du delta de température en fonction du temps pour un panneau plat de composite thermoplastique P4 mm.

[Fig.4] représente une vue schématique d'un système selon un mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0031] Des modes de réalisation exemplaires de l'invention seront à présent décrits.

[0032] Le terme « **polymère** » désigne soit un copolymère, soit un homopolymère. Le terme

« copolymère » désigne un polymère regroupant plusieurs motifs monomériques différents et le terme « homopolymère » désigne un polymère regroupant des motifs monomériques identiques. Le terme « copolymère à blocs » désigne un polymère comprenant un ou plusieurs blocs ininterrompus de chacune des espèces de polymère distinctes, les blocs de polymère étant chimiquement différents les uns des autres et étant liés ensemble par une liaison covalente. Ces blocs de polymère sont également appelés blocs de polymère.

- [0033] L'expression « **composite polymère** », au sens de l'invention, désigne un matériau multicomposant comprenant au moins deux composants immiscibles dans lesquels au moins un composant est un polymère, et l'autre composant peut par exemple être un renforcement fibreux.
- [0034] Le terme « **renforcement fibreux** » ou « **substrat fibreux** » ou « **fibres** » désigne, au sens de l'invention, plusieurs fibres, des fibres unidirectionnelles ou des tresses, ou un mat à filaments continus, des tissus, des feutres, ou des non-tissés qui peuvent être sous la forme de bandes, de nappes, de tresses, de mèches ou de pièces.
- [0035] Le terme « **matrice** » désigne un matériau servant de liant et capable de transférer des forces au renforcement fibreux. Le terme « matrice de polymère » comprend des polymères mais peut également comprendre d'autres composés ou matériaux. Ainsi, le terme « matrice de polymère (méth)acrylique » fait référence à tout type de composés, polymères, oligomères, copolymères ou copolymères à blocs, acryliques et méthacryliques. Cependant, on ne s'écarterait pas de la portée de l'invention si la matrice de polymère (méth)acrylique comprenait jusqu'à 10 % en poids, préférablement moins de 5 % en poids d'autres monomères non acryliques, choisis par exemple dans le groupe : butadiène, isoprène, styrène, styrène substitué tel que α -méthylstyrène ou tert-butylstyrène, cyclosiloxanes, vinylnaphthalènes et vinylpyridines.
- [0036] Le terme « **initiateur** », au sens de l'invention, désigne un composé qui peut débiter/initier la polymérisation d'un monomère ou de monomères.
- [0037] Le terme « **polymérisation** », au sens de l'invention, fait référence au procédé de conversion d'un monomère ou d'un mélange de monomères en un polymère.
- [0038] Le terme « **monomère** », au sens de l'invention, désigne une molécule qui peut subir une polymérisation.
- [0039] Aux fins de l'invention, le terme « **polymère thermoplastique** » désigne un polymère qui est généralement solide à température ambiante, qui peut être cristallin, semi-cristallin ou amorphe, et qui ramollit lors d'une augmentation de température, en particulier après avoir dépassé sa température de transition vitreuse (T_g) et s'être écoulé à une température plus élevée et avoir été capable d'observer une fusion limpide lors du dépassement de sa température appelée température de fusion (T_f) (lorsqu'il est semi-cristallin), et qui devient solide à nouveau lorsque la température chute en

dessous de son point de fusion et en dessous de sa température de transition vitreuse. Ceci s'applique également à des polymères thermoplastiques légèrement réticulés par la présence de monomères ou oligomères polyfonctionnels dans la formulation du « sirop » (méth)acrylate, en pourcentage en masse préférablement moins de 10 %, préférablement moins de 5 % et de manière préférée moins de 2 %, qui peut être thermoformé lorsqu'il est chauffé au-dessus de la température de ramollissement.

- [0040] Le terme « **polymère thermodurcissable** » désigne, au sens de l'invention, un matériau plastique qui se transforme de manière réversible par polymérisation en un réseau de polymère insoluble.
- [0041] Le terme « **monomère(méth)acrylique** » désigne un quelconque type de monomère acrylique ou méthacrylique.
- [0042] Le terme « **polymère (méth)acrylique** » désigne un polymère comprenant essentiellement des monomères (méth)acryliques qui représentent au moins 50 % en poids ou plus du polymère (méth)acrylique.
- [0043] Le terme « **PMMA** », au sens de l'invention, désigne des homopolymères et des copolymères de méthacrylate de méthyle (MMA), le rapport en poids de MMA dans le PMMA étant préférablement d'au moins 70 % en poids pour le copolymère de MMA.
- [0044] L'expression « **élément de renforcement** », dans le présent contexte, désigne un élément utilisé pour supporter une structure afin de la renforcer, de la supporter, de la solidifier, de la consolider, d'améliorer ses propriétés mécaniques (renforcement, tension, étirement, etc.), ses propriétés thermiques, électriques et/ou chimiques.
- [0045] Le terme « **barre d'armature** », dans le présent contexte, désigne une barre de renfort qui est utilisée en tant que dispositif de tension dans du béton armé et des structures en maçonnerie armée pour renforcer et soutenir le béton sous tension. Une barre d'armature augmente considérablement la résistance à la traction du béton ou de la structure.
- [0046] L'abréviation « **phr** » désigne des parties en poids par cent parties de composition. Par exemple, 1 phr d'initiateur dans la composition signifie que 1 kg d'initiateur est ajouté à 100 kg de composition.
- [0047] L'abréviation « **ppm** » désigne des parties en poids par million de parties de composition. Par exemple, 1 000 ppm d'un composé dans la composition signifie que 0,1 kg du composé est présent dans 100 kg de la composition.
- [0048] Les expressions « **température intérieure** » ou « **température de cœur** » sont utilisées de manière interchangeable et désignent la température de cœur du composite thermoplastique par opposition à la « **température extérieure** » ou « **température de surface** » également utilisées de manière interchangeable et désignant la température de la surface externe du composite thermoplastique. De plus, la température (intérieure ou extérieure) peut être mesurée et suivie par un thermocouple ou un capteur IR.

- [0049] Dans le présent contexte, lorsqu'une plage est spécifiée, les limites sont incluses.
- [0050] L'invention concerne un **procédé 100 pour la production d'un composite thermoplastique cintré**, à partir d'un composite thermoplastique.
- [0051] Un composite thermoplastique cintré provient d'un composite thermoplastique. Préférentiellement, le composite thermoplastique est obtenu à partir d'un procédé de pultrusion, et plus préférentiellement à partir d'un procédé de pultrusion réactive. La pultrusion et le procédé de pultrusion réactive sont connus de l'homme de l'art. Dans ces procédés, les fibres sont guidées à travers un bain de résine ou un compartiment d'injection comprenant la composition ou le sirop. Les fibres en tant que substrat fibreux sont, par exemple, sous une forme d'un stratifil unidirectionnel ou d'un mat de filaments continus. Après imprégnation dans le bain de résine, les fibres mouillées sont tirées à travers un dispositif chauffé, dans lequel la polymérisation peut se produire.
- [0052] Cependant, la pultrusion et la pultrusion réactive exposent le composite thermoplastique notamment avec des renforcements fibreux à une instabilité thermique. En effet, le thermoplastique est chauffé à une température élevée (c'est-à-dire plus de 150 °C) plusieurs fois, et pendant un temps de chauffage supérieur à 120 secondes. Lorsqu'un composite thermoplastique est thermoformé ou exposé pour une durée prolongée à température élevée, certaines caractéristiques importantes changent d'une manière défavorable comme la diminution de la résistance en flexion, de la rétention, de la délamination à l'interface du polymère et des fibres et, de plus, une dégradation de la surface du composite thermoplastique se produit, le chauffage n'étant pas uniforme (à l'intérieur/extérieur du composite thermoplastique) et très lent. En effet, un composite thermoplastique peut comprendre une première zone (extérieure) et une deuxième zone (intérieure). La première et la deuxième zone peuvent être différentes l'une de l'autre. Préférentiellement, la première zone comprend l'extérieur du composite thermoplastique comprenant ses parois, sa surface externe et les régions les plus à l'extérieur, selon une première distance en fonction de la géométrie du composite thermoplastique. La deuxième zone comprend l'intérieur du thermoplastique comprenant son cœur, sa surface interne selon une deuxième distance en fonction de la géométrie du thermoplastique. Préférentiellement, la première distance commence au niveau de la région la plus à l'extérieur jusqu'à la surface interne (exclue), et la deuxième distance commence au niveau de la surface interne jusqu'au cœur du thermoplastique. La première et la deuxième distance peuvent être égales ou non.
- [0053] L'invention propose un nouveau procédé avec une nouvelle composition de composite thermoplastique pour remédier aux inconvénients. Un exemple du procédé selon l'invention est illustré dans la [Fig.1]. Avantagement, le procédé 100 comprend une étape de mise à disposition 110 du composite thermoplastique, une étape de chauffage 120 d'une partie du composite thermoplastique, une étape de

création 130 d'une section cintrée dans la partie chauffée, une étape de refroidissement 140 de la section cintrée.

- [0054] Le procédé selon l'invention comprend **une étape de mise à disposition 110 du composite thermoplastique**. Le composite thermoplastique comprend 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres. Un tel composite thermoplastique possède une résistance thermique élevée et des changements de propriétés mécaniques et chimiques sont drastiquement réduits.
- [0055] Selon un mode de réalisation, le composite thermoplastique peut comprendre de 20 à 30 % en volume d'une matrice polymérique et 70 à 80 % en volume de fibres.
- [0056] En ce qui concerne les fibres, il peut être mentionné plusieurs fibres, des mèches unidirectionnelles ou un mat de filaments continus, des tissus, des feutres ou des non-tissés qui peuvent être sous la forme de bandes, nappes, tresses, mèches ou pièces. Le matériau fibreux du composite peut avoir différentes formes et dimensions, à savoir unidimensionnelles, bidimensionnelles ou tridimensionnelles. Un matériau fibreux peut comprendre un assemblage d'une ou de plusieurs fibres. Les origines du matériau fibreux peuvent être naturelles ou synthétiques. Les fibres du substrat fibreux peuvent avoir un diamètre compris entre 0,005 μm et 100 μm , préférablement entre 1 μm et 50 μm , plus préférablement entre 5 μm et 30 μm et avantageusement entre 10 μm et 25 μm .
- [0057] La matrice polymérique comprend des polymères (méth)acryliques, préférablement la masse moléculaire moyenne en poids du polymère (méth)acrylique (PI) doit être élevée, ce qui signifie supérieure à 50 000 g/mole et préférablement supérieure à 100 000 g/mole.
- [0058] La masse moléculaire moyenne en poids peut être mesurée par chromatographie d'exclusion stérique (CES).
- [0059] En ce qui concerne le monomère (méth)acrylique (MI), le monomère est choisi parmi les monomères alkylacryliques, les monomères alkylméthacryliques, les monomères hydroxyalkylacryliques et les monomères hydroxyalkylméthacryliques, et des mélanges de ceux-ci.
- [0060] Selon un mode de réalisation, au moins 50 % en poids et préférablement au moins 60 % en poids du monomère (méth)acrylique (MI) est du méthacrylate de méthyle.
- [0061] Selon un autre mode de réalisation, au moins 50 % en poids, préférablement au moins 60 % en poids, plus préférablement au moins 70 % en poids, avantageusement au moins 80 % en poids et encore plus avantageusement 90 % en poids du monomère (MI) sont un mélange de méthacrylate de méthyle avec éventuellement au moins un autre monomère. Préférablement, l'au moins un autre monomère est un monomère (méth)acrylique (M2) choisi parmi un composé comprenant au moins deux fonctions

(méth)acryliques. Le monomère (méth)acrylique (M2) peut être présent dans la composition (méth)acrylique MCI entre 0,01 et 10 phr en poids.

[0062] Avantageusement, le polymère (méth)acrylique (PI) est complètement soluble dans le monomère (méth)acrylique (MI) ou dans le mélange de monomères (méth)acryliques.

[0063] Selon un mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être réticulé, partiellement réticulé ou non réticulé. Préférentiellement, le composite thermoplastique reste thermoformable.

[0064] L'étape de polymérisation peut avoir lieu à une température d'ordinaire au-dessous de 140 °C, préférentiellement au-dessous de 130 °C et plus préférentiellement encore au-dessous de 125 °C.

[0065] Préférentiellement, l'étape de polymérisation peut avoir lieu à une température comprise entre 40 °C et 140 °C, préférentiellement entre 50 °C et 130 °C, plus préférentiellement encore entre 60 °C et 125 °C.

[0066] Le composite thermoplastique selon l'invention se démarque en raison de ses excellentes caractéristiques mécaniques : Par exemple : Résistance en traction : plus de 1 000 MPa.

[0067] Tableau 1 Caractéristiques mécaniques d'un composite thermoplastique selon l'invention comportant des fibres de verre.

[Tableaux1]

Composite thermoplastique comportant des fibres de verre	Résistance (MPa)	Module (GPa)
Flexionnel 0°	1 265 ± 38	50,4 ± 0,9
Flexionnel 90°	68,9 ± 2,7	11,5 ± 0,3
Traction 0°	1 207 ± 54	58 ± 1,1
Compression 0°	1 181 ± 133	54,9 ± 1,0
RCIL	58,6 ± 1,2	
Transition vitreuse (Tg)	119 °C	
Monomères résiduels (%)	0,2 ± 0,01%	
Fraction de fibres (% en volume)	69 % en volume	
Porosité (%)	0,42 %	

[0068] L'invention comprenant **une étape de chauffage 120 d'une partie du composite thermoplastique.**

- [0069] Préféablement, une partie correspond à une partie du composite thermoplastique entier qui est chauffé. Selon un mode de réalisation, plusieurs parties peuvent être chauffées, simultanément ou plusieurs parties peuvent être chauffées à différents moments, par exemple alors que le thermoplastique composite avance.
- [0070] Le chauffage permet de ramollir ladite partie du composite thermoplastique afin de faciliter l'étape suivante de création d'un cintrage. Comme indiqué, un composite thermoplastique possède la spécificité d'être généralement solide à température ambiante et ramollit pendant une augmentation de température, en particulier après avoir dépassé sa température de transition vitreuse (T_g), et redevient solide lorsque la température chute en dessous de son point de fusion et en dessous de sa température de transition vitreuse. L'étape de chauffage permet d'améliorer la vitesse de chauffage qui est plus rapide et d'améliorer l'homogénéisation du chauffage.
- [0071] Le chauffage peut être choisi parmi un chauffage par conduction, radial et/ou volumétrique.
- [0072] Selon un premier aspect, l'étape de chauffage est réalisée par un chauffage par conduction.
- [0073] **Un chauffage par conduction** peut avoir lieu entre le composite thermoplastique et un métal par contact direct entre eux. Les métaux sont de très bons conducteurs de chaleur et préféablement le métal peut être un moule, un moule fermé.
- [0074] Le chauffage par conduction permet d'atteindre une plage de température à l'intérieur ou à l'extérieur du composite thermoplastique plutôt qu'une température cible.
- [0075] Selon un mode de réalisation, la plage de température peut être entre 160 °C et 230 °C pour la température extérieure et entre 80 °C et 160 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préféablement avec une source de chaleur d'environ 250 °C. Préféablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes pour la température extérieure et entre 25 et 50 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préféablement pour un D13 mm.
- [0076] Selon un autre mode de réalisation, la plage de température peut être entre 140 °C et 180 °C pour la température extérieure et entre 80 °C et 120 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préféablement avec une source de chaleur d'environ 200 °C. Préféablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes pour la température extérieure et entre 25 et 50 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préféablement pour un D13 mm.
- [0077] Avantageusement, la durée du chauffage est inférieure ou égale à 60 secondes, préféablement inférieure ou égale à 50 secondes, plus préféablement inférieure ou égale à

30 secondes, et/ou supérieure à 1 seconde, préférablement supérieure ou égale à 5 secondes, plus préférablement supérieure ou égale à 10 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre 200 °C et 250 °C pour un diamètre externe du composite thermoplastique inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

[0078] Avantageusement, la température de cœur peut être entre 80 °C et 160 °C, préférablement entre 80 °C et 120 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 60 secondes, préférablement inférieur ou égal à 55 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 50 secondes, et/ou supérieur ou égal à 5 secondes, plus préférablement supérieur ou égal à 10 secondes avec une source de chaleur entre 200 °C et 250 °C. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant un diamètre externe inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

[0079] Avantageusement, la température extérieure peut être entre 140 °C et 230 °C, préférablement entre 140 °C et 180 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 35 secondes, préférablement inférieur ou égal à 30 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 25 secondes, et/ou supérieur à 1 seconde, plus préférablement supérieur ou égal à 5 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre 200 °C et 250 °C. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant un diamètre externe inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

[0080] Toujours dans le premier aspect avec un chauffage conducteur, et selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 160 et 240 °C pour la température extérieure et entre 140 et 240 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ 240 °C. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 30 secondes. Dans un exemple de ce

mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être un panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P 2 mm.

- [0081] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 150 et 180 °C pour la température extérieure et entre 100 et 180 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ 180 °C. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 30 secondes. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être un panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P 2 mm.
- [0082] Avantageusement, la durée du chauffage est inférieure ou égale à 95 secondes, préférablement inférieure ou égale à 90 secondes, préférablement inférieure ou égale à 70 secondes, et encore plus préférablement inférieure ou égale à 60 secondes, et/ou supérieure à 1 seconde, préférablement supérieure ou égale à 5 secondes, plus préférablement supérieure ou égale à 10 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre 180 °C et 240 °C. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant une épaisseur inférieure ou égale à 30 mm, préférablement inférieure ou égale à 20 mm, plus préférablement inférieure ou égale à 10 mm, et encore plus préférablement inférieure ou égale à 5 mm et/ou supérieure ou égale à 1 mm, plus préférablement supérieure ou égale à 1,5 mm, et/ou pour une épaisseur du thermoplastique entre 1 mm et 30 mm, préférablement entre 1,5 mm et 20 mm, plus préférablement entre 2 mm et 16 mm.
- [0083] Avantageusement, la température de cœur peut être entre 100 °C et 240 °C, préférablement entre 140 °C et 180 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 45 secondes, préférablement inférieur ou égal à 40 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 35 secondes, et encore plus préférablement inférieur ou égal à 30 secondes, et/ou supérieur ou égal à 2 secondes, plus préférablement supérieur ou égal à 5 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre 180 °C et 240 °C. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant une épaisseur inférieure ou égale à 30 mm, préférablement inférieure ou égale à 20 mm, plus préférablement inférieure ou égale à 10 mm, et encore plus préférablement inférieure ou égale à 5 mm et/ou supérieure ou égale à 1 mm, plus préférablement supérieure ou égale à 1,5 mm, et/ou pour une épaisseur du thermoplastique entre 1 mm et 30 mm, préférablement entre 1,5 mm et 20 mm, plus préférablement entre 2 mm et 16 mm.
- [0084] Avantageusement, la température extérieure peut être entre 150 °C et 240 °C, préférablement entre 160 °C et 180 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 45 secondes, préférablement inférieur ou égal à 40 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 35 secondes, et encore plus préférablement inférieur ou égal à 30 secondes, et/ou supérieur ou égal à 2 secondes, plus préférablement supérieur ou égal à 5 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre 180 °C et 240 °C. Préférablement, ces

valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant une épaisseur inférieure ou égale à 30 mm, préférablement inférieure ou égale à 20 mm, plus préférablement inférieure ou égale à 10 mm, et encore plus préférablement inférieure ou égale à 5 mm et/ou supérieure ou égale à 1 mm, plus préférablement supérieure ou égale à 1,5 mm, et/ou pour une épaisseur du thermoplastique entre 1 mm et 30 mm, préférablement entre 1,5 mm et 20 mm, plus préférablement entre 2 mm et 16 mm.

- [0085] Un chauffage par conduction est plus rapide qu'un chauffage par convection (c'est-à-dire : 15 minutes de chauffage pour une température intérieure à 210 °C avec une source de chaleur à 200 °C par chauffage par convection). En effet, typiquement avec un chauffage par convection, la durée de chauffage est vraiment lente, supérieure à 10 minutes, et le chauffage est hétérogène, c'est-à-dire que jusqu'à ce que la température de cœur soit atteinte pour être capable de cintrer le thermoplastique composite, la surface du thermoplastique est dégradée (réduction des propriétés chimiques et mécaniques), ou, si la surface externe n'est pas dégradée, la température de cœur n'est pas suffisante pour être subséquemment capable de cintrer le thermoplastique composite.
- [0086] La durée de chauffage et/ou la température de chauffage peuvent être choisies selon au moins l'épaisseur du composite thermoplastique, et/ou selon le diamètre (externe ou interne) et/ou selon une température de cœur cible ou une température cible externe (surface) et/ou un temps de chauffage souhaité. La température de chauffage et/ou la durée de chauffage peuvent dépendre de la température de la source de chaleur et/ou du métal du moule par exemple.
- [0087] Préférablement, la différence de température entre la température intérieure et la température extérieure pendant l'étape de chauffage peut être inférieure ou égale à 95 °C, préférablement inférieure ou égale à 80 °C, plus préférablement inférieure ou égale à 70 °C et encore plus préférablement inférieure ou égale à 60 °C en un temps inférieur ou égal à 95 secondes de chauffage, préférablement inférieur ou égal à 80 secondes de chauffage et plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes de chauffage, et/ou en un temps supérieur à 1 seconde de chauffage, préférablement en un temps supérieur ou égal à 10 secondes de chauffage. Préférablement, la différence entre la température intérieure et la température extérieure pendant l'étape de chauffage peut être supérieure ou égale à 0 °C, préférablement supérieure ou égale à 1 °C, plus préférablement supérieure ou égale à 2 °C et encore plus préférablement supérieure ou égale à 5 °C en un temps inférieur ou égal à 95 secondes de chauffage, préférablement inférieur ou égal à 80 secondes de chauffage et plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes de chauffage, et/ou en un temps supérieur à 1 seconde de chauffage, préférablement en un temps supérieur ou égal à 10 secondes de chauffage.
- [0088] Avantageusement, la température intérieure peut être comprise entre.

[0089] Selon un deuxième aspect, le chauffage peut être réalisé par un chauffage radial.

[0090] **Un chauffage radial** peut être par infrarouge (IR) comprenant préférablement l'infrarouge proche et le moyen infrarouge. L'IR est plus rapide que la convection et la conduction. Préférablement, l'étape de chauffage est un chauffage radial et plus préférablement un chauffage par IR. En effet, les NIR et MIR sont plus préférés pour le chauffage, avec une source de chaleur préférablement de 20 à 70 kW/m², préférablement de 45 à 65 kW/m² pour NIR et, de 30 à 60 kW/m², plus préférablement de 45 à 55 kW/m² pour MIR.

[0091] Un chauffage par IR permet de réduire le temps de chauffage d'une valeur inférieure ou égale à 100 secondes, préférablement inférieure ou égale à 90 secondes, plus préférablement inférieure ou égale à 60 secondes et encore plus préférablement inférieure ou égale à 30 secondes. Ceci permet d'obtenir, dans un mode de réalisation de l'invention, une température de cœur d'environ 180 °C avec une température extérieure de 200 à 250 °C. De plus, le chauffage est homogène.

[0092] Tableau 2 Temps de chauffage (secondes)

[Tableaux2]

	Tige D16	Panneau 2	Panneau 4
NIR 48 kW/m ²	77 s	20 s	30 s
NIR 65 kW/m ²	67 s		18 s
MIR 47 kW/m ²	95 s	20 s	28 s

[0093] Le tableau 2 divulgue certaines valeurs de la durée de chauffage en fonction du composite (tige ou panneau par exemple) et en fonction de la source de chaleur (NIR ou MIR) pour obtenir une température de cœur de 180 °C avec une température extérieure de 200 °C à 250 °C. Le chauffage par IR est plus rapide qu'un chauffage par convection sans tenir compte de la géométrie du composite thermoplastique et homogène, permettant d'atteindre une température de cœur d'environ 180 °C et une température extérieure de 200 °C à 250 °C.

[0094] Selon un mode de réalisation du deuxième aspect de l'invention, la plage de températures peut être entre 80 °C et 240 °C pour la température extérieure et entre 140 °C et 200 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 3.5 \cdot 10^7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes pour la température extérieure et entre 25 et 50 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D13 mm.

[0095] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 60 °C et

160 °C pour la température extérieure et entre 90 °C et 130 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 2.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes pour la température extérieure et entre 25 et 50 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D13 mm.

[0096] Avantageusement, la durée du chauffage est inférieure ou égale à 60 secondes, préférablement inférieure ou égale à 55 secondes, plus préférablement inférieure ou égale à 50 secondes, et/ou supérieure à 1 seconde, préférablement supérieure ou égale à 5 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre $Q = 3.5.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 2.10^7 \text{ W.m}^{-3}$, pour un diamètre externe du composite thermoplastique inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

[0097] Avantageusement, la température de cœur peut être entre 90 °C et 200 °C, préférablement entre 100 °C et 140 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 60 secondes, préférablement inférieur ou égal à 55 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 50 secondes, et/ou supérieur à 5 secondes, plus préférablement supérieur ou égal à 10 secondes avec une source de chaleur entre $Q = 3.5.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 2.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant un diamètre externe inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

[0098] Avantageusement, la température extérieure peut être entre 60 °C et 240 °C, préférablement entre 80 °C et 160 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 30 secondes, préférablement inférieur ou égal à 25 secondes, et/ou supérieur à 1 seconde, plus préférablement supérieur ou égal à 5 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre $Q = 3.5.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 2.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant un diamètre externe inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur

ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

- [0099] Selon un autre mode de réalisation du deuxième aspect, la plage de températures peut être entre 150 °C et 210 °C pour la température extérieure et entre 150 °C et 200 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source d'IRM d'environ 47 kW.m². Préférablement, ces plages sont atteintes entre 25 et 50 secondes pour la température extérieure et entre 50 et 95 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D16 mm.
- [0100] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 40 °C et 220 °C pour la température extérieure et entre 40 °C et 180 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source d'IRC d'environ 50 kW.m². Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 80 secondes pour la température extérieure et entre 10 et 80 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D16 mm.
- [0101] Selon un autre mode de réalisation illustré dans la [Fig.2], la plage de températures peut être entre 40 °C et 200 °C pour la température extérieure et entre 40 °C et 190 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source d'IR entre 50 kW.m² et 65 kW.m². Préférablement, ces plages sont atteintes entre 1 et 80 secondes pour la température extérieure et entre 1 et 80 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D16 mm.
- [0102] Certaines valeurs sont rapportées ci-dessous pour un D16 mm avec une source d'IR.

[Tableaux3]

Proche IR – D16 mm	Temps (s)	Surface (°C)	Cœur (°C)
	0	40	40
	20	100	70
	40	150	120
	60	220	170
	80	215	195
	100	210	205
	110	205	210
	120	200	210

- [0103] Avantageusement, la durée de chauffage est inférieure ou égale à 95 secondes, préférablement inférieure à 60 secondes avec une température intérieure du composite thermoplastique qui est inférieure ou égale à 180 °C. De plus, la différence de la température entre la température intérieure et la température extérieure est inférieure ou égale à 80 °C, préférablement inférieure ou égale à 70 °C, plus préférablement inférieure ou égale à 60 °C et encore plus préférablement inférieure ou égale à 50 °C et supérieure ou égale à 5 °C, préférablement supérieure ou égale à 10 °C en un temps inférieur ou égal à 95 secondes de chauffage, préférablement inférieur ou égal à 90 secondes de chauffage, plus préférablement inférieur ou égal à 80 secondes et encore plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes.
- [0104] Avantageusement, la durée du chauffage est inférieure ou égale à 95 secondes, préférablement inférieure ou égale à 80 secondes, plus préférablement inférieure ou égale à 60 secondes, et/ou supérieure à 1 seconde, préférablement supérieure ou égale à 5 secondes, plus préférablement supérieure ou égale à 10 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre 47 kW.m² et 65 kW.m² pour un diamètre externe du composite thermoplastique inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.
- [0105] Avantageusement, la température extérieure peut être entre 40 °C et 200 °C, préférablement entre 80 °C et 180 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 95 secondes, préférablement inférieur ou égal à 80 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes, et/ou supérieur ou égal à 5 secondes, plus préférablement supérieur ou

égal à 10 secondes avec une source de chaleur entre 47 kW.m^2 et 65 kW.m^2 . Préfé-
rablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant un
diamètre externe inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm
et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm et/ou pour un diamètre externe du
composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal
à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe
du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25
mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

[0106] Avantageusement, la température intérieure peut être entre 40°C et 200°C , préfé-
rablement entre 70°C et 180°C , atteinte en un temps inférieur ou égal à 95 secondes,
préférablement inférieur ou égal à 80 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à
60 secondes, et/ou supérieur à 1 seconde, plus préférablement supérieur ou égal à 5
secondes, préférablement avec une source de chaleur entre 47 kW.m^2 et 65 kW.m^2 .
Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant
un diamètre externe inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25
mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm et/ou pour un diamètre externe
du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou
égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre
externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4
mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

[0107] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 80 et 240°C
 $^\circ\text{C}$ pour la température extérieure et entre 80 et 240°C pour la température intérieure
du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 2.5.10^7 \text{ W.m}^{-3}$.
Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 30 secondes.
Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être un
panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour P2 mm.

[0108] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 70 et 180°C
 $^\circ\text{C}$ pour la température extérieure et entre 70 et 180°C pour la température intérieure
du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 1.75.10^7 \text{ W.m}^{-3}$.
Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 30 secondes.
Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être un
panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P2 mm.

[0109] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 100°C et
 220°C pour la température extérieure et entre 70°C et 180°C pour la température in-
térieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source d'IRM
d'environ 47 kW.m^2 . Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 40 secondes
pour la température extérieure et entre 10 et 40 secondes pour la température in-
térieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique

peut être un panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P4 mm.

[0110] Selon un autre mode de réalisation illustré dans la [Fig.3], la plage de températures peut être entre 110 °C et 220 °C pour la température extérieure et entre 70 °C et 210 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source d'IRC entre environ 50 kW.m² et 65 kW.m². Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 30 secondes pour la température extérieure et entre 10 et 40 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être un panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P4 mm.

[0111] Certaines valeurs sont rapportées ci-dessous pour un P4 mm avec une source d'IR. [Tableaux4]

Proche IR – P4 mm	Temps (s)	Surface–supérieure (°C)	Surface–inférieure (°C)	Cœur (°C)
	0	40	40	40
	5	52	70	50
	10	100	105	70
	15	140	140	125
	20	180	180	150
	25	215	215	170
	30	220	220	180
	40	220	220	210

[0112] Avantageusement, la durée du chauffage est inférieure ou égale à 40 secondes, préférablement inférieure ou égale à 35 secondes, plus préférablement inférieure ou égale à 30 secondes, et/ou supérieure à 1 seconde, préférablement supérieure ou égale à 5 secondes, préférablement avec une source de chaleur entre $Q = 1.75.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 2.5^7 \text{ W.m}^{-3}$, ou entre 47 kW.m² et 65 kW.m², pour une épaisseur du composite thermoplastique inférieure ou égale à 30 mm, préférablement inférieure ou égale à 20 mm, plus préférablement inférieure ou égale à 10 mm et encore plus préférablement inférieure ou égale à 5 mm et/ou supérieure ou égale à 1 mm, plus préférablement supérieure ou égale à 1,5 mm, et/ou pour une épaisseur du thermoplastique entre 1 mm et 30 mm, préférablement entre 1,5 mm et 20 mm, plus préférablement entre 2 mm et 16 mm.

[0113] Avantageusement, la température de cœur et la température extérieure peuvent être entre 70 °C et 240 °C, préférablement entre 80 °C et 220 °C, plus préférablement entre

90 °C et 180 °C, atteintes en un temps inférieur ou égal à 40 secondes, préférablement inférieur ou égal à 30 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 25 secondes, encore plus préférablement inférieur ou égal à 20 secondes et/ou supérieur à 1 seconde, plus préférablement supérieur ou égal à 5 secondes avec une source de chaleur entre $Q = 1.75.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 2.5.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ ou entre 47 kW.m² et 65 kW.m² . Préfé-
rablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant une épaisseur inférieure ou égale à 30 mm, préférablement inférieure ou égale à 20 mm et plus préférablement inférieure ou égale à 10 mm et encore plus préférablement in-
férieure ou égale à 5 mm et/ou supérieure ou égale à 1 mm, plus préférablement su-
périeure ou égale à 1,5 mm, et/ou pour une épaisseur du thermoplastique entre 1 mm et 30 mm, préférablement entre 1,5 mm et 20 mm, plus préférablement entre 2 mm et 16 mm.

- [0114] Le chauffage radial permet d'améliorer la durée de chauffage (c'est-à-dire, la réduire), et de garantir un chauffage suffisamment uniforme de la partie de la zone centrale en des temps relativement courts, sans que la température de la surface ex-
térieure ne s'élève au point que le matériau se dégrade.
- [0115] La durée de chauffage et/ou la température de chauffage peuvent être choisies selon au moins l'épaisseur du composite thermoplastique, et/ou selon le diamètre (interne ou externe) et/ou selon une température de cœur cible et/ou une température cible externe (surface) et/ou un temps de chauffage souhaité. La température de chauffage et/ou la durée de chauffage peuvent dépendre des plages de longueur d'onde de l'irradiation et/ou de la puissance d'irradiation.
- [0116] On peut mentionner qu'avec un chauffage par IR, la source peut être soit par puissance de surface (la puissance de lampes IR par exemple), soit par une source de chaleur en volume. L'homme de l'art connaît la différence et quel type de source en surface ou volume utiliser.
- [0117] Préféablement, la différence de température entre la température intérieure et la température extérieure pendant l'étape de chauffage peut être inférieure ou égale à 95 °C, préférablement inférieure ou égale à 80 °C, plus préférablement inférieure ou égale à 70 °C et encore plus préférablement inférieure ou égale à 60 °C en un temps inférieur ou égal à 95 secondes de chauffage, préférablement inférieur ou égal à 80 secondes de chauffage et plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes de chauffage, et/ou en un temps supérieur à 1 seconde de chauffage, préférablement en un temps supérieur ou égal à 10 secondes de chauffage. Préféablement, la différence entre la température in-
térieure et la température extérieure pendant l'étape de chauffage peut être supérieure ou égale à 0 °C, préférablement supérieure ou égale à 1 °C, plus préférablement su-
périeure ou égale à 2 °C et encore plus préférablement supérieure ou égale à 5 °C en un temps inférieur ou égal à 95 secondes de chauffage, préférablement inférieur ou égal à

80 secondes de chauffage et plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes de chauffage, et/ou en un temps supérieur à 1 seconde de chauffage, préférablement en un temps supérieur ou égal à 10 secondes de chauffage.

- [0118] Selon un autre aspect de la présente invention, l'étape de chauffage peut comprendre un chauffage volumétrique.
- [0119] **Un chauffage volumétrique** peut comprendre des micro-ondes. La puissance des micro-ondes peut être supérieure ou égale à 1 KW, préférablement supérieure ou égale à 5 KW et plus préférablement supérieure ou égale à 10 KW. Préférablement, la puissance des micro-ondes peut être inférieure ou égale à 30 KW, préférablement inférieure ou égale à 25 KW et plus préférablement inférieure ou égale à 20 KW. La fréquence peut être supérieure ou égale à 900 MHz, préférablement supérieure ou égale à 1 GHz, plus préférablement supérieure ou égale à 1,5 GHz et encore plus préférablement supérieure ou égale à 2 GHz. La fréquence peut être inférieure ou égale à 8 GHz, préférablement inférieure ou égale à 7 GHz et plus préférablement inférieure ou égale à 6 GHz. Dans un mode de réalisation préféré, la fréquence peut être de 2,45 GHz et la puissance des micro-ondes de 1 kW.
- [0120] La durée de chauffage et/ou la température de chauffage peuvent être choisies en fonction au moins de l'épaisseur du composite thermoplastique, ou en fonction du diamètre externe ou en fonction d'une température de cœur cible ou d'une température cible externe (surface) ou d'un temps de chauffage souhaité. La température de chauffage et/ou la durée de chauffage peuvent dépendre de la fréquence et/ou de la puissance des micro-ondes.
- [0121] Selon un mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 140 °C et 230 °C pour la température extérieure et entre 140 °C et 230 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 2.10.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes pour la température extérieure et entre 10 et 25 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D13 mm.
- [0122] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 100 °C et 180 °C pour la température extérieure et entre 100 °C et 180 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 1.3.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes pour la température extérieure et entre 10 et 25 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D13 mm.
- [0123] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 120 °C et 230 °C pour la température extérieure et entre 120 °C et 230 °C pour la température in-

térieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 2.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes pour la température extérieure et entre 10 et 25 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D30 mm.

- [0124] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 100 et 180 °C pour la température extérieure et entre 100 et 180 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 1.3.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être une tige de composite thermoplastique, plus préférablement pour un D30 mm.
- [0125] Avantageusement, la durée du chauffage est inférieure ou égale à 30 secondes, préférablement inférieure ou égale à 25 secondes, plus préférablement inférieure ou égale à 20 secondes, et/ou supérieure à 1 seconde, préférablement supérieure ou égale à 5 secondes, avec une source de chaleur entre $Q = 1.0.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 3.10^7 \text{ W.m}^{-3}$, préférablement entre $Q = 1.3.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 2.10^7 \text{ W.m}^{-3}$, préférablement pour un diamètre externe du composite thermoplastique inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.
- [0126] Avantageusement, la température de cœur peut être entre 100 °C et 230 °C, préférablement entre 120 °C et 180 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 30 secondes, préférablement inférieur ou égal à 25 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 20 secondes, et/ou supérieur à 1 seconde, plus préférablement supérieur ou égal à 5 secondes, avec une source de chaleur entre $Q = 1.0.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 3.10^7 \text{ W.m}^{-3}$, préférablement entre $Q = 1.3.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 2.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant un diamètre externe inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.
- [0127] Avantageusement, la température extérieure peut être entre 100 °C et 230 °C, préférablement entre 120 °C et 180 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 25 secondes, préférablement inférieur ou égal à 20 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à

15 secondes, et/ou supérieur à 1 seconde, plus préférablement supérieur ou égal à 5 secondes, avec une source de chaleur entre $Q = 1.0.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 3.10^7 \text{ W.m}^{-3}$, préférablement entre $Q = 1.3.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 2.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant un diamètre externe inférieur ou égal à 30 mm, préférablement inférieur ou égal à 25 mm et plus préférablement inférieur ou égal à 20 mm et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique supérieur ou égal à 2 mm, préférablement supérieur ou égal à 4 mm, plus préférablement supérieur ou égal à 6 mm, et/ou pour un diamètre externe du composite thermoplastique entre 2 mm et 30 mm, préférablement entre 4 mm et 25 mm, plus préférablement entre 6 mm et 20 mm.

- [0128] Selon un autre mode de réalisation de l'aspect de l'invention, la plage de températures peut être entre 100 et 220 °C pour la température extérieure et entre 100 et 220 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 1.9.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être un panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P2 mm.
- [0129] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 90 °C et 180 °C pour la température extérieure et entre 90 °C et 180 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 1.4.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 25 secondes pour la température extérieure et entre 10 et 25 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être un panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P2 mm.
- [0130] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 100 et 220 °C pour la température extérieure et entre 100 et 220 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 1.9.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 30 secondes. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique peut être un panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P4 mm.
- [0131] Selon un autre mode de réalisation, la plage de températures peut être entre 90 °C et 180 °C pour la température extérieure et entre 90 °C et 180 °C pour la température intérieure du composite thermoplastique, préférablement avec une source de chaleur d'environ $Q = 1.4.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces plages sont atteintes entre 10 et 30 secondes pour la température extérieure et entre 10 et 30 secondes pour la température intérieure. Dans un exemple de ce mode de réalisation, le composite thermoplastique

peut être un panneau de composite thermoplastique, plus préférablement pour un P4 mm.

- [0132] Avantageusement, la durée du chauffage est inférieure ou égale à 95 secondes, préférablement inférieure ou égale à 60 secondes, plus préférablement inférieure ou égale à 30 secondes et encore plus préférablement inférieure ou égale à 20 secondes et/ou supérieure à 1 seconde, préférablement supérieure ou égale à 5 secondes, avec une source de chaleur entre $Q = 1.0.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 3.0.10^7 \text{ W.m}^{-3}$, préférablement entre $Q = 1.4.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 1.9.10^7 \text{ W.m}^{-3}$, pour une épaisseur du composite thermoplastique inférieure ou égale à 30 mm, préférablement inférieure ou égale à 20 mm, plus préférablement inférieure ou égale à 10 mm et encore plus préférablement inférieure ou égale à 5 mm et/ou supérieure ou égale à 1 mm, plus préférablement supérieure ou égale à 1,5 mm, et/ou pour une épaisseur du thermoplastique entre 1 mm et 30 mm, préférablement entre 1,5 mm et 20 mm, plus préférablement entre 2 mm et 16 mm.
- [0133] Avantageusement, la température de cœur et/ou la température extérieure peut être entre 90 °C et 220 °C, préférablement entre 100 °C et 180 °C, atteinte en un temps inférieur ou égal à 30 secondes, préférablement inférieur ou égal à 25 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 20 secondes, encore plus préférablement inférieur ou égal à 15 secondes, et/ou supérieur à 1 seconde, plus préférablement supérieur ou égal à 5 secondes, avec une source de chaleur entre $Q = 1.0.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 3.0.10^7 \text{ W.m}^{-3}$, préférablement entre $Q = 1.4.10^7 \text{ W.m}^{-3}$ et $Q = 1.9.10^7 \text{ W.m}^{-3}$. Préférablement, ces valeurs correspondent à un composite thermoplastique possédant une épaisseur inférieure ou égale à 30 mm, préférablement inférieure ou égale à 20 mm, plus préférablement inférieure ou égale à 10 mm, et encore plus préférablement inférieure ou égale à 5 mm et/ou supérieure ou égale à 1 mm, plus préférablement supérieure ou égale à 1,5 mm, et/ou pour une épaisseur du thermoplastique entre 1 mm et 30 mm, préférablement entre 1,5 mm et 20 mm, plus préférablement entre 2 mm et 16 mm.
- [0134] Préférablement, la différence de température entre la température intérieure et la température extérieure pendant l'étape de chauffage peut être inférieure ou égale à 95 °C, préférablement inférieure ou égale à 80 °C, plus préférablement inférieure ou égale à 70 °C et encore plus préférablement inférieure ou égale à 60 °C en un temps inférieur ou égal à 95 secondes de chauffage, préférablement inférieur ou égal à 80 secondes de chauffage et plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes de chauffage, et/ou en un temps supérieur à 1 seconde de chauffage, préférablement en un temps supérieur ou égal à 10 secondes de chauffage. Préférablement, la différence entre la température intérieure et la température extérieure pendant l'étape de chauffage peut être supérieure ou égale à 0 °C, préférablement supérieure ou égale à 1 °C, plus préférablement supérieure ou égale à 2 °C et encore plus préférablement supérieure ou égale à 5 °C en un temps inférieur ou égal à 95 secondes de chauffage, préférablement inférieur ou égal à

80 secondes de chauffage et plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes de chauffage, et/ou en un temps supérieur à 1 seconde de chauffage, préférablement en un temps supérieur ou égal à 10 secondes de chauffage.

- [0135] Selon un autre aspect de l'invention, l'étape de chauffage peut comprendre l'établissement d'une formule avec des limites supérieures et inférieures pour le temps et la température à atteindre. La formule peut comprendre certaines variables telles qu'une fonction de diamètre, et/ou de source de chaleur, et/ou de dimension, et/ou de composition de composite thermoplastique, et/ou de géométrie de composite thermoplastique.
- [0136] Avantageusement, la durée de chauffage est inférieure ou égale à 95 secondes, préférablement inférieure ou égale à 60 secondes, préférablement avec une température intérieure du composite thermoplastique qui est inférieure ou égale à 180 °C.
- [0137] On peut mentionner qu'avec un chauffage volumétrique, la source peut être soit par puissance de surface, soit par une source de chaleur en volume. L'homme de l'art connaît la différence et quel type de source en surface ou volume utiliser.
- [0138] Le procédé selon l'invention comprend **une étape de création 130 d'une section cintrée** dans la partie chauffée en cintrant la partie chauffée.
- [0139] La partie chauffée peut être façonnée avec une géométrie différente grâce au composite thermoplastique chauffé. L'étape de création d'une section cintrée permet de changer la forme du composite thermoplastique.
- [0140] Le composite thermoplastique est préférablement linéaire et l'étape de création d'un cintrage permet de façonner la partie chauffée. La section cintrée créée peut être un coude, une courbe, une forme complexe, ou une combinaison de tous les éléments précédents.
- [0141] Pour une section possédant un coude, un coude peut être d'un angle, par exemple, dans une plage de 5° à 180°, de 5° à 135°, ou de 10° à 90°.
- [0142] L'étape de création d'un coude peut se faire par cintrage simple, flexion par compression, pliage et/ou torsion. Préférablement, l'étape de création d'un coude comprend une torsion.
- [0143] Le cintrage simple comprend une compression au niveau des fibres internes et une tension au niveau des fibres externes. Le cintrage peut être réalisé grâce à des outils de fixation, un poids sur l'un ou l'autre côté du composite thermoplastique ou avec un moule.
- [0144] La compression comprend préférablement une tension de précontrainte afin de diminuer la longueur de parcours et de réduire les éventuelles fissures. Préférablement, la compression est réalisée avant le cintrage. Selon un mode de réalisation, la compression conduit à une forme ovale qui peut être cintrée plus facilement. La compression peut comprendre une presse et/ou un moule.

- [0145] Selon un mode de réalisation, l'étape de création d'un coude peut comprendre une pression appliquée sur la partie chauffée. La pression peut être comprise entre 1 bar et 150 bars, préférablement entre 3 bars et 100 bars, plus préférablement entre 5 bars et 50 bars.
- [0146] La pression peut être appliquée pendant un temps compris entre 30 secondes et 20 minutes, préférablement entre 1 minute et 10 minutes.
- [0147] La torsion conduit à une longueur de parcours homogène de toutes les fibres dans le composite thermoplastique. De plus, aucune déformation ou fissure ne se produit. La tension peut être réalisée avant le cintrage. La tension peut être selon un degré de torsion entre 150 et 360°, préférablement au moins 360°. Par exemple, les fibres peuvent être couplées à des moteurs rotatifs, ce qui entraîne une torsion dans les fibres d'une manière uniforme et homogène.
- [0148] Le procédé selon l'invention comprend une **étape de refroidissement 140 de la section cintrée** pour la solidifier et pour former un composite thermoplastique cintré.
- [0149] Préférablement, l'étape de refroidissement se fait à une température de refroidissement et/ou une durée de refroidissement. Selon un mode de réalisation, la température de refroidissement et/ou la durée de refroidissement peuvent être choisies en fonction des températures de transition vitreuse (Tg) du composite thermoplastique cintré. La Tg peut être inférieure à 130 °C, préférablement inférieure à 120 °C et plus préférablement inférieure à 110 °C. Selon un autre mode de réalisation, la température de refroidissement et/ou la durée de refroidissement peuvent être choisies en fonction des dimensions du composite thermoplastique cintré, en fonction de la température de chauffage, en fonction de la durée de chauffage, en fonction du type de chauffage, du nombre de cintrages et du type de cintrage, et/ou de la géométrie du composite thermoplastique.
- [0150] Selon un autre mode de réalisation, la température de refroidissement et/ou la durée de refroidissement peuvent être choisies en fonction d'une vitesse de refroidissement. Par exemple, 0,1 °C/s, 0,2 °C/s, 0,3 °C/s, 0,4 °C/s, 0,5 °C/s, 0,6 °C/s, 0,7 °C/s, 0,8 °C/s, 0,9 °C/s, préférablement 0,2 °C/s comme vitesse de refroidissement par exemple pour un D13 mm.
- [0151] Par exemple, la température de refroidissement peut être inférieure ou égale à 150 °C, préférablement inférieure ou égale à 130 °C, plus préférablement inférieure ou égale à 110 °C et encore plus préférablement inférieure ou égale à 100 °C. La température de refroidissement peut être supérieure ou égale à 50 °C, préférablement supérieure ou égale à 60 °C, plus préférablement supérieure ou égale à 70 °C, encore plus préférablement supérieure ou égale à 80 °C. La température de refroidissement peut être entre 50 °C et 150 °C, préférablement entre 60 °C et 130 °C, plus préférablement entre 70 °C et 130 °C, encore plus préférablement entre 80 °C et 110 °C.

- [0152] En effet, afin de cintrer le composite thermoplastique sans réduire les propriétés mécaniques et chimiques, un delta de température entre la température de cœur et la température extérieure peut être régulé et/ou suivi. Si la température de cœur est excessive, la région la plus à l'extérieur et la surface du composite thermoplastique sont dégradées. Si la température de cœur n'est pas assez chaude, le cintrage ne peut pas être réalisé. Afin de préserver les propriétés mécaniques et chimiques, le cintrage est préférablement homogène.
- [0153] Avantageusement, le delta de température entre la température intérieure et la température extérieure du composite thermoplastique, préférablement entre la température intérieure et la température extérieure de la partie cintrée du composite thermoplastique, et entre l'étape de chauffage et l'étape de refroidissement ou pendant l'étape de création d'une section cintrée, est inférieur ou égal à 50 °C, préférablement inférieur ou égal à 40 °C, plus préférablement inférieur ou égal à 20 °C. Le delta de température peut être supérieur ou égal à 0 °C, préférablement supérieur ou égal à 5 °C, plus préférablement supérieur ou égal à 7 °C. Le delta de température entre l'étape de chauffage et l'étape de refroidissement peut être entre 0 °C et 50 °C, préférablement entre 5 °C et 40 °C et plus préférablement entre 7 °C et 20 °C.
- [0154] Le delta de température est atteint en un temps inférieur ou égal à 390 secondes, préférablement inférieur ou égal à 120 secondes, plus préférablement inférieur ou égal à 60 secondes, encore plus préférablement inférieur ou égal à 50 secondes. Le delta de température peut être atteint en un temps supérieur ou égal à 5 secondes, préférablement supérieur ou égal à 10 secondes, plus préférablement supérieur ou égal à 15 secondes, encore plus préférablement supérieur ou égal à 20 secondes. Avantageusement, le delta de température est atteint entre 10 et 390 secondes, préférablement entre 15 et 120 secondes et plus préférablement entre 15 secondes et 60 secondes.
- [0155] Préférablement, la différence de température dans le composite thermoplastique (à l'intérieur du composite thermoplastique et température extérieure) après 60 secondes de chauffage, préférablement après 30 secondes de chauffage et après un temps de refroidissement à une température inférieure ou égale à 150 °C, est inférieure ou égale à 390 secondes, préférablement inférieure ou égale à 2 000 secondes, plus préférablement inférieure ou égale à 120 secondes, encore plus préférablement inférieure ou égale à 90 secondes.
- [0156] Préférablement, afin de cintrer un thermoplastique, la température de cœur cible peut être entre 110 °C et 210 °C, préférablement entre 120 °C et 200 °C, plus préférablement entre 130 °C et 190 °C et encore plus préférablement entre 160 °C et 180 °C.
- [0157] Préférablement, afin de ne pas dégrader la surface du polymère thermoplastique, la température extérieure cible peut être entre 200 °C et 250 °C, préférablement entre 210

°C et 245 °C, plus préférablement entre 220 °C et 240 °C.

- [0158] Selon un mode de réalisation illustré dans les figures 2 et 3, le cintrage peut être réalisé lorsque les courbes de la température extérieure et de la température intérieure s'entrecroisent, c'est-à-dire qu'au niveau de l'intersection entre les deux courbes, il y a une fenêtre où le delta de température est inférieur à 50 degrés et aux préférences divulguées ci-dessus. En fait, la température extérieure commence à diminuer (étape de refroidissement) et la température intérieure se stabilise. Par conséquent, le delta de température bas est préféré. De plus, grâce à l'invention (composition du composite thermoplastique, géométrie, et procédé de chauffage), le delta de température est rapide à atteindre et par conséquent le procédé est plus rapide. Ceci évite en particulier la dégradation des propriétés mécaniques et chimiques mais également la dégradation sur la surface, des temps de fabrication longs et réduit par conséquent les coûts de la fabrication.
- [0159] Le cintrage peut dépendre de la géométrie du composite thermoplastique.
- [0160] Par exemple, pour une tige de composite thermoplastique entre 5 mm et 30 mm de diamètre externe à cintrer, la température de cœur cible peut être entre 160 °C et 180 °C, et entre 30 secondes et 90 secondes, préférablement en un temps inférieur ou égal à 60 secondes et/ou supérieur à 5 secondes.
- [0161] Par exemple, pour un panneau de composite thermoplastique entre 2 mm et 10 mm d'épaisseur, la température de cœur cible peut être entre 160 °C et 180 °C, et entre 30 secondes et 90 secondes, préférablement en un temps inférieur ou égal à 30 secondes et/ou supérieur à 5 secondes.
- [0162] Tableau 5 : Delta de température entre les étapes de chauffage et de refroidissement.
- [0163] Paramètres de chauffage pour atteindre 160 à 240 °C en 30 s ; différence de température dans le composite thermoplastique après 30 s de chauffage, après refroidissement à $T_{\min} > 150$ °C et temps de refroidissement avant que la température n'atteigne 150 °C.

[Tableaux5]

$\Delta T < 20$ $^{\circ}\text{C} : \text{A}$ $20 < \Delta T < 40$ $^{\circ}\text{C} : \text{B}$ $\Delta T > 40^{\circ}\text{C} : \text{C}$	Panneau 2 mm		Panneau 4 mm		Tige D13	
	Chauffage	Refroidissement	Chauffage	Refroidissement	Chauffage	Refroidissement
Convectif	B	< 20 s A	B	< 50s A	C	
Conductif	A	< 30 s B	A	< 45s B	B	[20 ; 50 s] A
Radial	A	< 30 s B	A	< 60s B	B	[20 ; 50 s] A
Volumétrique	A	< 30 s B	A	< 45s B	A	[20 ; 50 s] A

[0164] La durée de chauffage du chauffage convectif est plus longue que celle du chauffage conductif, radial et volumétrique. De plus, le temps de refroidissement avant que la température n'atteigne 150°C est équivalent entre un chauffage convectif, conductif, radial et volumétrique. De plus, le delta de température pendant le chauffage est très élevé avec un chauffage convectif au contraire d'un chauffage par conduction, radial ou volumétrique, et le delta de température pendant le refroidissement est équivalent entre un chauffage conductif, radial ou volumétrique.

[0165] Exemples de propriétés mécaniques (en particulier la dégradation de la résine), cintrage, dégradation pour un composite thermoplastique cintré comportant au moins 65 % de fibres en volume, avec une température de cœur du composite thermoplastique entre 160°C et 180°C atteinte en un temps inférieur ou égal à 90 secondes, préférablement inférieur ou égal à 60 secondes, en fonction de la géométrie du composite thermoplastique.

[Tableaux6]

Chauffage volumétrique	P2	P4	D13	D16
Gonflement	0	0,5	0	0,5
Fissure	0	0	0	0
Mécanique	5	5	5	5
Cintrage	5	5	5	5
Dégradation de surface	0	0	0	0

[Tableaux7]

Chauffage radial	P2	P4	D13	D16
Gonflement	0	0,5	0	0,5
Fissure	0	0,5	0	0,5
Mécanique	5	5	5	5
Cintrage	5	5	5	5
Dégradation de surface	0	0	0	0

[Tableaux8]

Chauffage convectif	P2	P4	D13	D16
Gonflement	0,5	1	0,5	1
Fissure	0,5	1,5	0,5	1,5
Mécanique	n/a	n/a	n/a	n/a
Cintrage	1	1	1	1
Dégradation de surface	n/a	n/a	n/a	n/a

[Tableaux9]

Chauffage conductif	P2	P4	D13	D16
Gonflement	0	0,5	0	0,5
Fissure	0	0,5	0	0,5
Mécanique	5	4,5	5	4,5
Cintrage	5	4,5	5	4,5
Dégradation de surface	0	0,5	0	0,5

[0166] 0 : absent ou insuffisant à 5 : présent ou suffisant, n/a : non applicable

[0167] Le chauffage par convection met beaucoup plus de temps à atteindre les températures cibles intérieure et extérieure et être ainsi capable de cintrer un composite thermo-plastique. De plus, avec les cibles de temps établies, un cintrage par convection n'est pas possible, les fibres se fissurent et un phénomène de gonflement apparaît.

[0168] Avantageusement, le procédé selon l'invention peut comprendre une étape de soudure, de coupe, de collage ou de laminage.

[0169] Selon un autre aspect, l'invention comprend la fabrication d'un composite thermo-plastique. Préféablement, un composite thermoplastique selon l'invention.

[0170] La matrice polymérique peut être d'une composition liquide a) ou d'un sirop (méth)acrylique comprenant un polymère (méth)acrylique (PI), un monomère (méth)acrylique (MI).

[0171] Le sirop (méth)acrylique liquide selon l'invention comprend entre 10 % en poids et 50 % en poids d'un polymère (méth)acrylique (PI) et entre 50 % en poids et 90 % en poids d'un monomère (méth)acrylique (MI). Préféablement, le sirop (méth)acrylique liquide comprend entre 10 % en poids et 40 % en poids d'un polymère (méth)acrylique (PI) et entre 60 % en poids et 90 % en poids d'un monomère (méth)acrylique (MI) ; et plus préféablement entre 10 % en poids et 30 % en poids d'un polymère (méth)acrylique (PI) et entre 70 % en poids et 90 % en poids d'un monomère (méth)acrylique (MI).

[0172] La viscosité dynamique de la composition liquide a) ou du sirop (méth)acrylique est dans une plage de 10 mPa*s à 10 000 mPa*s, préféablement de 20 mPa*s à 7 000 mPa*s et avantagement de 20 mPa*s à 5 000 mPa*s et plus avantagement de 20 mPa*s à 2 000 mPa*s et encore plus avantagement entre 20 mPa*s et 1 000 mPa*s. La viscosité du sirop peut facilement être mesurée avec un rhéomètre ou un viscosimètre. La viscosité dynamique est mesurée à 25 °C. Si le sirop (méth)acrylique liquide a un comportement newtonien, ce qui signifie qu'il ne présente

pas de fluidification sous cisaillement, la viscosité dynamique est indépendante du cisaillement dans un rhéomètre ou de la vitesse du mobile dans un viscosimètre. Si la composition liquide LC1 a un comportement non newtonien, ce qui signifie qu'elle présente une fluidification sous cisaillement, la viscosité dynamique est mesurée à un taux de cisaillement de 1 s^{-1} à 25°C .

- [0173] En ce qui concerne la composition liquide a) de l'invention, elle comprend un monomère (méth)acrylique (MI) et un polymère (méth)acrylique (PI). Une fois polymérisé, le monomère (méth)acrylique (MI) est transformé en un polymère (méth)acrylique (P2) comprenant les motifs monomères du monomère (méth)acrylique (MI) et d'autres monomères possibles.
- [0174] Préférentiellement, la viscosité dynamique de la composition (méth)acrylique MCI est également dans une plage de $10 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ à $10\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, préférentiellement de $20 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ à $7\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ et avantageusement de $20 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ à $5\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ et plus avantageusement de $20 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ à $2\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ et encore plus avantageusement entre $20 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ et $1\,000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$.
- [0175] En ce qui concerne le polymère (méth)acrylique (PI), on peut mentionner des poly(méthacrylate d'alkyle) ou des poly(acrylate d'alkyle). Selon un mode de réalisation préféré, le polymère (méth)acrylique (PI) est le poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA).
- [0176] Selon un mode de réalisation, l'homo- ou le copolymère de méthacrylate de méthyle (MMA) comprend au moins 70 %, préférentiellement au moins 80 %, avantageusement au moins 90 % et plus avantageusement au moins 95 % en poids de méthacrylate de méthyle.
- [0177] Selon un autre mode de réalisation, le PMMA est un mélange d'au moins un homopolymère et d'au moins un copolymère de MMA, ou un mélange d'au moins deux homopolymères ou deux copolymères de MMA ayant un poids moléculaire moyen différent, ou un mélange d'au moins deux copolymères de MMA ayant une composition de monomères différente.
- [0178] Le copolymère de méthacrylate de méthyle (MMA) comprend de 70 % à 99,9 % en poids de méthacrylate de méthyle et de 0,1 % à 30 % en poids d'au moins un monomère contenant au moins une insaturation éthylénique qui peut être copolymérisé avec le méthacrylate de méthyle.
- [0179] Ces monomères sont bien connus, et mention peut être faite notamment des acides acrylique et méthacrylique et des (méth)acrylates d'alkyle dans lesquels le groupe alkyle contient de 1 à 12 atomes de carbone. Comme exemples, il peut être fait mention de l'acrylate de méthyle et d'un (méth)acrylate d'éthyle, de butyle ou de 2-éthylhexyle. Préférentiellement, le comonomère est un acrylate d'alkyle dans lequel le groupe alkyle contient de 1 à 4 atomes de carbone.

- [0180] Selon un premier mode de réalisation préféré, le copolymère de méthacrylate de méthyle (MMA) comprend de 80 % à 99,9 %, avantageusement de 90 % à 99,9 % et plus avantageusement de 90 % à 99,9 % en poids de méthacrylate de méthyle, et de 0,1 % à 20 %, avantageusement de 0,1 % à 10 % et plus avantageusement de 0,1 % à 10 % en poids d'au moins un monomère contenant au moins une insaturation éthylénique qui peut être copolymérisé avec le méthacrylate de méthyle. Préféralement, le comonomère est choisi parmi l'acrylate de méthyle et l'acrylate d'éthyle, et des mélanges de ceux-ci.
- [0181] La masse moléculaire moyenne en poids du polymère (méth)acrylique (PI) doit être élevée, ce qui signifie supérieure à 50 000 g/mole et préféralement supérieure à 100 000 g/mole.
- [0182] La masse moléculaire moyenne en poids peut être mesurée par chromatographie d'exclusion stérique (CES).
- [0183] Le polymère (méth)acrylique (PI) est complètement soluble dans le monomère (méth)acrylique (MI) ou dans le mélange de monomères (méth)acryliques. Cela permet d'augmenter la viscosité du monomère (méth)acrylique (MI) ou du mélange de monomères (méth)acryliques. La solution obtenue est une composition liquide généralement appelée « sirop » ou « prépolymère ». La valeur de la viscosité dynamique du sirop (méth)acrylique liquide est comprise entre 10 mPa.s et 10 000 mPa.s. La viscosité du sirop peut facilement être mesurée avec un rhéomètre ou un viscosimètre. La viscosité dynamique est mesurée à 25 °C.
- [0184] Avantageusement, la composition ou le sirop (méth)acrylique liquide ne contient aucun solvant additionnel volontairement ajouté.
- [0185] En ce qui concerne le monomère (méth)acrylique (MI), le monomère est choisi parmi les monomères alkylacryliques, les monomères alkylméthacryliques, les monomères hydroxyalkylacryliques et les monomères hydroxyalkylméthacryliques, et des mélanges de ceux-ci.
- [0186] Préféralement, le monomère (méth)acrylique (MI) est choisi parmi les monomères hydroxyalkylacryliques, les monomères hydroxyalkylméthacryliques, les monomères alkylacryliques, les monomères alkylméthacryliques et des mélanges de ceux-ci, le groupe alkyle contenant de 1 à 22 atomes de carbone linéaires, ramifiés ou cycliques ; le groupe alkyle contenant préféralement de 1 à 12 atomes de carbone linéaires, ramifiés ou cycliques.
- [0187] Plus préféralement, le monomère (méth)acrylique (MI) est choisi parmi les monomères alkylacryliques ou les monomères alkylméthacryliques et des mélanges de ceux-ci, le groupe alkyle contenant de 1 à 22 atomes de carbone linéaires, ramifiés ou cycliques ; le groupe alkyle contenant préféralement de 1 à 12 atomes de carbone linéaires, ramifiés ou cycliques.

- [0188] Avantageusement, le monomère (méth)acrylique (MI) est choisi parmi le méthacrylate de méthyle, le méthacrylate d'éthyle, l'acrylate de méthyle, l'acrylate d'éthyle, l'acide méthacrylique, l'acide acrylique, l'acrylate de *n*-butyle, l'acrylate d'isobutyle, le méthacrylate de *n*-butyle, le méthacrylate d'isobutyle, l'acrylate de cyclohexyle, le méthacrylate de cyclohexyle, l'acrylate d'isobornyle, le méthacrylate d'isobornyle, l'acrylate d'hydroxyéthyle et le méthacrylate d'hydroxyéthyle et des mélanges de ceux-ci.
- [0189] Plus avantageusement, le monomère (méth)acrylique (MI) est choisi parmi le méthacrylate de méthyle, le méthacrylate d'éthyle, l'acrylate de méthyle, l'acrylate d'éthyle, l'acide méthacrylique, l'acide acrylique, l'acrylate de *n*-butyle, l'acrylate d'isobutyle, le méthacrylate de *n*-butyle, le méthacrylate d'isobutyle, l'acrylate de cyclohexyle, le méthacrylate de cyclohexyle, l'acrylate d'isobornyle, le méthacrylate d'isobornyle et des mélanges de ceux-ci.
- [0190] Selon un mode de réalisation préféré, au moins 50 % en poids et préférablement au moins 60 % en poids du monomère (méth)acrylique (MI) est du méthacrylate de méthyle.
- [0191] Selon un premier mode de réalisation plus préféré, au moins 50 % en poids, préférablement au moins 60 % en poids, plus préférablement au moins 70 % en poids, avantageusement au moins 80 % en poids et encore plus avantageusement 90 % en poids du monomère (MI) sont un mélange de méthacrylate de méthyle avec éventuellement au moins un autre monomère.
- [0192] En ce qui concerne le monomère (méth)acrylique (M2), le monomère est multifonctionnel. Préférablement, le monomère (méth)acrylique (M2) est choisi parmi un composé comprenant au moins deux fonctions (méth)acryliques. Le monomère (méth)acrylique (M2) peut également être choisi parmi un mélange d'au moins deux composés (M2a) et (M2b) comprenant chacun respectivement au moins deux fonctions (méth)acryliques.
- [0193] Le monomère (méth)acrylique (M2) peut être choisi parmi le diméthacrylate de 1,3-butylèneglycol ; le diméthacrylate de 1,4-butanediol ; le diacrylate de 1,6-hexanediol ; le diméthacrylate de 1,6-hexanediol ; le diméthacrylate de diéthylèneglycol ; le diacrylate de dipropylèneglycol ; le diacrylate de bisphénol A éthoxylé (10) ; le diméthacrylate de bisphénol A éthoxylé (2) ; le diacrylate de bisphénol A éthoxylé (3) ; le diméthacrylate de bisphénol A éthoxylé (3) ; le diacrylate de bisphénol A éthoxylé (4) ; le diméthacrylate de bisphénol A éthoxylé (4) ; le diméthacrylate de bisphénol A éthoxylé ; le diméthacrylate de bisphénol éthoxylé (10) ; le diméthacrylate d'éthylèneglycol ; le diacrylate de polyéthylèneglycol (200) ; le diacrylate de polyéthylèneglycol (400) ; le diméthacrylate de polyéthylèneglycol (400) ; le diméthacrylate de polyéthylèneglycol (400) ; le diacrylate de polyéthylèneglycol (600) ; le diméthacrylate

de polyéthylèneglycol (600) ; le diacrylate de polyéthylèneglycol 400 ; le diacrylate de néopentylglycol propoxylé (2) ; le diacrylate de tétraéthylèneglycol ; le diméthacrylate de tétraéthylèneglycol ; le diacrylate de tricyclodécanediméthanol ; le diméthacrylate de tricyclodécanediméthanol ; le diacrylate de triéthylèneglycol ; le diméthacrylate de triéthylèneglycol ; le diacrylate de tripropylèneglycol ; le triacrylate de triméthylolpropane éthoxylé (15) ; le triacrylate de triméthylolpropane éthoxylé (3) ; le triacrylate de triméthylolpropane éthoxylé (6) ; le triacrylate de triméthylolpropane éthoxylé (9) ; le triacrylate de pentaérythritol éthoxylé 5 ; le triacrylate de triméthylolpropane éthoxylé (20) ; le triacrylate de glycéryle propoxylé (3) ; le triacrylate de triméthylolpropane ; le triacrylate de glycéryle propoxylé (5,5) ; le triacrylate de pentaérythritol ; le triacrylate de glycéryle propoxylé (3) ; le triacrylate de triméthylolpropane propoxylé (3) ; le triacrylate de triméthylolpropane ; le triméthacrylate de triméthylolpropane ; le triacrylate d'isocyanurate de tris(2-hydroxyéthyle) ; le tétraacrylate de ditriméthylolpropane ; le pentaacrylate de dipentaérythritol ; le tétraacrylate de pentaérythritol éthoxylé (4) ; le tétraacrylate de pentaérythritol ; l'hexaacrylate de dipentaérythritol ; le diacrylate de 1,10-décanediol ; le diacrylate de 1,3-butylèneglycol ; le diacrylate de 1,4-butanediol ; le diacrylate de 1,9-nonanediol ; l'acrylate de 2-(2-vinyloxyéthoxy)éthyle ; le diacrylate de 2-butyl-2-éthyl-1,3-propanediol ; le diacrylate de 2-méthyl-1,3-propanediol ; l'éthoxyacrylate de 2-méthyl-1,3-propanediyle ; le diacrylate de 3-méthyl-1,5-pentanediol ; le diacrylate de cyclohexanediméthanol alcoxylé ; le diacrylate d'hexanediol alcoxylé ; le diacrylate de cyclohexanediméthanol ; le diacrylate de cyclohexanediméthanol éthoxylé ; le diacrylate de diéthylèneglycol ; le diacrylate de dioxaneglycol ; l'hexaacrylate de dipentaérythritol éthoxylé ; le triacrylate de glycérol éthoxylé ; le diacrylate de néopentylglycol éthoxylé ; le diacrylate d'hydroxypivalate d'hydroxypivalyle ; le diacrylate de néopentylglycol ; le diacrylate de poly(tétraméthylèneglycol) ; le diacrylate de polypropylèneglycol 400 ; le diacrylate de polypropylèneglycol 700 ; le diacrylate de bisphénol A éthoxylé propoxylé (6) ; le diacrylate d'éthylèneglycol propoxylé ; le tétraacrylate de pentaérythritol propoxylé (5) ; et le triacrylate de triméthylolpropane propoxylé.

[0194] Préféablement, le monomère (méth)acrylique (M2) est choisi parmi le diméthacrylate d'éthylèneglycol, le diacrylate de néopentylglycol, le diméthacrylate de néopentylglycol, le diméthacrylate de 1,4-butanediol, le diacrylate de 1,4-butanediol, le diacrylate de 1,3-butylèneglycol, le diméthacrylate de 1,3-butylèneglycol, le diméthacrylate de triéthylèneglycol et le diacrylate de triéthylèneglycol ou des mélanges de ceux-ci.

[0195] Le monomère (méth)acrylique (M2) peut être présent dans la composition (méth)acrylique MCI entre 0,01 et 10 phr en poids, préféablement est présent entre 0,1

et 9,5 phr pour 100 parties d'un sirop (méth)acrylique liquide, plus préférablement entre 0,1 et 9 phr, encore plus préférablement entre 0,1 et 8,5 phr et avantageusement entre 0,1 et 8 phr.

- [0196] Dans un premier mode de réalisation préféré, le monomère (méth)acrylique (M2) est présent dans la composition (méth)acrylique MCI entre 0,01 et 9 phr et est choisi parmi un composé comprenant deux fonctions (méth)acryliques.
- [0197] Dans un deuxième mode de réalisation préféré, le monomère (méth)acrylique (M2) est présent dans la composition (méth)acrylique MCI entre 0,01 et 9 phr et est choisi parmi un mélange de composés comprenant deux fonctions (méth)acryliques.
- [0198] Dans un troisième mode de réalisation préféré, le monomère (méth)acrylique (M2) est présent dans la composition (méth)acrylique MCI entre 0,01 et 9 phr et est choisi parmi un mélange de composés comprenant au moins deux fonctions (méth)acryliques.
- [0199] Dans un quatrième mode de réalisation préféré, le monomère (méth)acrylique (M2) est présent dans la composition (méth)acrylique MCI entre 0,01 et 9 phr et est choisi parmi un mélange de composés comprenant au moins deux fonctions (méth)acryliques. Au moins un composé du mélange comprend seulement deux fonctions (méth)acryliques et présente au moins 50 % en poids du mélange de monomère méthacrylique (M2), préférablement au moins 60 % en poids. L'autre composé du mélange comprend plus de deux fonctions (méth)acryliques.
- [0200] En ce qui concerne l'initiateur (Ini) pour démarrer la polymérisation des monomères (méth)acryliques (MI) et (M2), il est choisi parmi les initiateurs radicalaires.
- [0201] Préférablement, l'initiateur (Ini) est activé par de la chaleur.
- [0202] Les initiateurs radicalaires (Ini) peuvent être choisis parmi des composés comprenant un groupe peroxy ou des composés comprenant un groupe azoïque et préférablement parmi des composés comprenant un groupe peroxy.
- [0203] Préférablement, le composé comprenant un groupe peroxy comprend de 2 à 30 atomes de carbone.
- [0204] Préférablement, le composé comprenant un groupe peroxy est choisi parmi des peroxydes de diacycle, des peroxyesters, des peroxydicarbonates, des peroxydes de dialkyle, des peroxyacétals, un hydroperoxyde ou un peroxyacétal.
- [0205] L'initiateur (Ini) est choisi parmi le peroxyde de diisobutyryle, le peroxynéodécanoate de cumyle, le peroxydicarbonate de di(3-méthoxybutyle), le peroxynéodécanoate de 1,1,1,3-tétraméthylbutyle, le peroxynéohéptanoate de cumyle, le peroxydicarbonate de di-*n*-propyle, le peroxynéodécanoate de *tert*-amyle, le peroxydicarbonate de di-*sec*-butyle, le peroxydicarbonate de diisopropyle, le peroxydicarbonate de di(4-*tert*-butylcyclohexyle), le peroxydicarbonate de di(2-éthylhexyle), le peroxynéodécanoate de *tert*-amyle, le peroxynéodécanoate de *tert*-butyle, le peroxydicarbonate de di-*n*-butyle, le peroxydicarbonate de dicétyle, le peroxydicarbonate de di-

myristyle, le peroxy-pivalate de 1,1,1,3-tétraméthylbutyle, le peroxy-néohéptanoate de *tert*-butyle, le peroxy-pivalate de *tert*-amyle, le peroxy-pivalate de *tert*-butyle, le peroxyde de di(3,5,5-triméthylhexanoyle), le peroxyde de dilauroyle, le peroxyde de didécanoyle, le 5-diméthyl-2,5-di(2-éthylhexanoylperoxy)hexane, le peroxy-2-éthylhexanoate de 1,1,1,3-tétraméthylbutyle, le peroxy-2-éthylhexanoate de *tert*-amyle, le peroxyde de dibenzoyl, le peroxy-2-éthylhexanoate de *tert*-butyle, le peroxydiéthylacétate de *tert*-butyle, le peroxyisobutyrate de *tert*-butyle, le 1,1-di(*tert*-butylperoxy)-3,3,5-triméthylcyclohexane, le 1,1-di(*tert*-amylperoxy)cyclohexane, le 1,1-di(*tert*-butylperoxy)cyclohexane, le peroxy-2-éthylhexylcarbonate de *tert*-amyle, le peroxyacétate de *tert*-amyle, le peroxy-3,5,5-triméthylhexanoate de *tert*-butyle, le 2,2-di(*tert*-butylperoxy)butane, le peroxyisopropylcarbonate de *tert*-butyle, le peroxy-2-éthylhexylcarbonate de *tert*-butyle, le peroxybenzoate de *tert*-amyle, le peroxyacétate de *tert*-butyle, le 4-di(*tert*-butylperoxy)valérate de butyle, le peroxybenzoate de *tert*-butyle, le peroxyde de di-*tert*-amyle, le peroxyde de dicumyle, le di(2-*tert*-butylperoxyisopropyl)benzène, le 5-diméthyl-2,5-di(*tert*-butylperoxy)hexane, le peroxyde de *tert*-butyle et de cumyle, le 5-diméthyl-2,5-di(*tert*-butylperoxy)hexyne-3, le peroxyde de di-*tert*-butyle, le 3,6,9-triéthyl-3,6,9-triméthyl-1,4,7-triperoxonane, le 2,2'-azobisisobutyronitrile (AIBN), le 2,2'-azodi(2-méthylbutyronitrile), l'azobisisobutyramide, le 2,2'-azobis(4-diméthylvaléronitrile), le 1,1'-azodi(hexahydrobenzonitrile) ou l'acide 4'-azobis(4-cyanopentanoïque).

[0206] Préférentiellement, l'initiateur (Ini) est choisi parmi les peroxy-néodécanoate de cumyle, peroxydicarbonate de di(3-méthoxybutyle), peroxy-néodécanoate de 1,1,1,3-tétraméthylbutyle, peroxy-néohéptanoate de cumyle, peroxydicarbonate de di-*n*-propyle, peroxy-néodécanoate de *tert*-amyle, peroxydicarbonate de di-*sec*-butyle, peroxydicarbonate de diisopropyle, peroxydicarbonate de di(4-*tert*-butylcyclohexyle), peroxydicarbonate de di(2-éthylhexyle), peroxy-néodécanoate de *tert*-amyle, peroxy-néodécanoate de *tert*-butyle, peroxydicarbonate de di-*n*-butyle, peroxydicarbonate de dicétyl, peroxydicarbonate de dimyristyle, peroxy-pivalate de 1,1,1,3-tétraméthylbutyle, peroxy-néohéptanoate de *tert*-butyle, peroxy-pivalate de *tert*-amyle, peroxy-pivalate de *tert*-butyle, peroxyde de di(3,5,5-triméthylhexanoyle), peroxyde de dilauroyle, peroxyde de didécanoyle, 5-diméthyl-2,5-di(2-éthylhexanoylperoxy)hexane ou peroxy-2-éthylhexanoate de 1,1,1,3-tétraméthylbutyle.

[0207] En ce qui concerne le substrat fibreux, on peut mentionner plusieurs fibres, des mèches unidirectionnelles ou un mat de filaments continus, des tissus, des feutres ou des non-tissés qui peuvent être sous la forme de bandes, nappes, tresses, mèches ou pièces. Le matériau fibreux peut avoir différentes formes et dimensions, à savoir unidimensionnelles, bidimensionnelles ou tridimensionnelles. Un substrat fibreux comprend

un assemblage d'une ou de plusieurs fibres. Lorsque les fibres sont continues, leur assemblage forme des tissus.

- [0208] La forme unidimensionnelle correspond à des fibres longues linéaires. Les fibres peuvent être discontinues ou continues. Les fibres peuvent être agencées de façon aléatoire ou parallèles les unes aux autres, sous la forme d'un filament continu. Une fibre est définie par son rapport de longueur, qui est le rapport entre la longueur et le diamètre de la fibre. Les fibres utilisées dans la présente invention sont des fibres longues ou des fibres continues. Les fibres ont un rapport de longueur d'au moins 1 000, préférablement d'au moins 1 500, plus préférablement d'au moins 2 000, avantageusement d'au moins 3 000 et plus avantageusement d'au moins 5 000, encore plus avantageusement d'au moins 6 000, encore plus avantageusement d'au moins 7 500 et de manière préférée entre toutes d'au moins 10 000.
- [0209] La forme bidimensionnelle correspond à des mats fibreux ou des renforcements ou des faisceaux de fibres non-tissés ou tissés, qui peuvent également être tressés. Même si la forme bidimensionnelle a une certaine épaisseur et, par conséquent, en principe une troisième dimension, elle est considérée comme étant bidimensionnelle selon la présente invention.
- [0210] La forme tridimensionnelle correspond par exemple à des mats fibreux ou des renforcements non tissés ou des faisceaux de fibres empilés ou pliés ou des mélanges de ceux-ci, un assemblage de la forme bidimensionnelle dans la troisième dimension.
- [0211] Les origines du matériau fibreux peuvent être naturelles ou synthétiques. En tant que matériau naturel, on peut mentionner les fibres végétales, les fibres de bois, les fibres animales ou les fibres minérales.
- [0212] Des fibres naturelles sont par exemple le sisal, le jute, le chanvre, le lin, le coton, les fibres de noix de coco et les fibres de banane. Les fibres animales sont, par exemple, la laine ou les poils.
- [0213] En tant que matériau synthétique, mention peut être faite des fibres polymériques choisies parmi les fibres de polymères thermodurcissables, de polymères thermostables ou des mélanges de ceux-ci.
- [0214] Les fibres polymériques peuvent être constituées de polyamide (aliphatique ou aromatique), de polyester, de poly(alcool vinylique), de polyoléfines, de polyuréthanes, de poly(chlorure de vinyle), de polyéthylène, de polyesters insaturés, de résines époxy et d'esters vinyliques.
- [0215] Les fibres minérales peuvent également être choisies parmi les fibres de verre, notamment de type E, R ou S2, les fibres de carbone, les fibres de bore ou les fibres de silice.
- [0216] Le substrat fibreux de la présente invention est choisi parmi les fibres végétales, les fibres de bois, les fibres animales, les fibres minérales, les fibres polymères syn-

thétiques, les fibres de verre, et les fibres de carbone et leurs mélanges.

[0217] Préféablement, le substrat fibreux est choisi parmi des fibres minérales. Plus préféablement, le substrat fibreux est choisi parmi des fibres de verre et des fibres de carbone.

[0218] Les fibres du substrat fibreux ont un diamètre compris entre 0,005 μm et 100 μm , préféablement entre 1 μm et 50 μm , plus préféablement entre 5 μm et 30 μm et avantageusement entre 10 μm et 25 μm .

[0219] Préféablement, les fibres du substrat fibreux de la présente invention sont choisies parmi des fibres continues (ce qui signifie que le rapport de longueur ne s'applique pas forcément comme pour les fibres longues) pour la forme unidimensionnelle, ou pour les fibres longues ou continues pour la forme bi- ou tridimensionnelle du substrat fibreux.

[0220] La présente invention se rapporte de plus à un procédé pour la préparation d'un composite polymérique PCI à partir d'une composition (méth)acrylique MCI, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

i) imprégnation de fibres ou d'un substrat fibreux avec la composition (méth)acrylique MCI comprenant :

a) 100 parties d'un sirop (méth)acrylique liquide comprenant
a1) entre 10 % en poids et 50 % en poids d'un polymère (méth)acrylique (PI),
a2) entre 50 % en poids et 90 % en poids d'un monomère (méth)acrylique (MI)
comprenant une seule fonction (méth)acrylique, et

b) entre 0,01 et 10 phr en poids d'un monomère (méth)acrylique (M2) comprenant au moins deux fonctions (méth)acryliques ;

c) entre 0,1 et 5 phr d'un initiateur (Ini) pour démarrer la polymérisation du monomère (méth)acrylique (MI) et du comonomère (méth)acrylique (M2) ;

ii) polymérisation de la composition (méth)acrylique MCI, qui a imprégné les fibres ou le substrat fibreux.

[0221] Les composants a) à c) dans le procédé pour la préparation d'un composite polymère sont les mêmes que ceux définis ci-dessus et leurs proportions en poids respectives.

[0222] L'étape de polymérisation a lieu à une température d'ordinaire au-dessous de 140 °C, préféablement au-dessous de 130 °C et plus préféablement encore au-dessous de 125 °C.

[0223] Préféablement, l'étape de polymérisation a lieu à une température comprise entre 40 °C et 140 °C, préféablement entre 50 °C et 130 °C, plus préféablement encore entre 60 °C et 125 °C.

[0224] Le composite polymère PCI est préféablement un composite polymère (méth)acrylique.

[0225] Le composite polymère PCI est préféablement un composite polymère renforcé par

des fibres.

- [0226] Selon un autre aspect, l'invention concerne **un composite thermoplastique cintré**.
- [0227] Un composite thermoplastique cintré est préférablement obtenu à partir d'un composite thermoplastique comprend 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres. Il peut également être obtenu à partir d'un composite thermoplastique comprenant de 20 % à 30 % en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et de 70 % à 80 % en volume de fibres.
- [0228] Préférablement, le composite thermoplastique cintré peut être obtenu par le procédé selon l'invention, plus préférablement il est obtenu par le procédé selon l'invention.
- [0229] Un composite thermoplastique cintré peut comprendre plusieurs formes. Un coude peut être une courbure, une torsion, un pliage, une compression. Préférablement, le coude est une torsion. Selon un mode de réalisation préféré, le composite thermoplastique comprend un changement de sa forme dans au moins une partie du composite thermoplastique entier.
- [0230] Un composite thermoplastique cintré est préférablement un élément de renforcement pour renforcer une structure. Un élément de renforcement peut par exemple être un panneau, une tige, une barre, une barre d'armature, une feuille. Selon un mode de réalisation, le composite thermoplastique peut comprendre plusieurs feuilles. Préférablement, le composite thermoplastique est une barre d'armature.
- [0231] Un composite thermoplastique cintré peut avoir différentes géométries telles que conique, pyramidale, ovale, plate, linéaire, circulaire.
- [0232] Le composite thermoplastique peut avoir différentes dimensions (épaisseur, diamètre, longueur, largeur, hauteur).
- [0233] Le composite thermoplastique peut avoir une épaisseur d'au moins 2 mm, préférablement d'au moins 3 mm, plus préférablement d'au moins 4 mm et encore plus préférablement d'au moins 5 mm. Préférablement, le composite thermoplastique peut avoir une épaisseur inférieure ou égale à 35 mm, préférablement inférieure ou égale à 30 mm, plus préférablement inférieure ou égale à 25 mm. Préférablement, le composite thermoplastique peut avoir une épaisseur comprise entre 2 mm et 35 mm, préférablement entre 3 mm et 30 mm, plus préférablement entre 4 mm et 25 mm.
- [0234] Le composite thermoplastique peut avoir un diamètre externe d'au moins 5 mm, préférablement d'au moins 6 mm, plus préférablement d'au moins 10 mm et encore plus préférablement d'au moins 13 mm. Le composite thermoplastique peut avoir un diamètre externe inférieur ou égal à 40 mm, préférablement inférieur ou égal à 35 mm, plus préférablement inférieur ou égal à 30 mm et encore plus préférablement inférieur ou égal à 25 mm. Le composite thermoplastique peut avoir un diamètre externe compris entre 5 mm et 40 mm, préférablement entre 6 mm et 35 mm, plus préfé-

ablement entre 10 mm et 30 mm et encore plus préférablement entre 13 mm et 25 mm.

- [0235] Préférablement, le composite thermoplastique n'est pas limité en longueur.
- [0236] Avantageusement, le composite thermoplastique cintré selon l'invention satisfait toutes les exigences de la méthode d'essai standard pour la résistance de barres cintrées de polymère renforcé par des fibres (FRP) dans des emplacements de courbure (norme ASTM D7914).
- [0237] Avantageusement, le composite thermoplastique cintré selon l'invention satisfait toutes les exigences de la norme Spécifications pour des barres de polymère renforcé par des fibres de verre arrondies solides pour le renforcement de béton (norme ASTM7957).
- [0238] Avantageusement, le composite thermoplastique cintré selon l'invention satisfait toutes les exigences de la méthode d'essai standard pour la mesure de la résistance en flexion incurvée d'un composite à matrice de polymère renforcé par des fibres (norme ASTM D6415).
- [0239] Un composite thermoplastique cintré selon l'invention est particulièrement approprié pour le renforcement d'une structure
- [0240] Selon un autre aspect, l'invention concerne une utilisation d'un composite thermoplastique cintré selon l'invention dans les domaines de l'automobile, des transports, du nautisme, des chemins de fer, du sport, de l'aéronautique, de l'aérospatiale, du photovoltaïque, de la construction et du bâtiment, et/ou dans des applications d'énergie éolienne.
- [0241] Selon un autre aspect, l'invention concerne **un système 10 pour la fabrication d'un composite thermoplastique cintré** à partir d'un composite thermoplastique, préférablement selon l'invention. Ledit composite thermoplastique comprend 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres. Un exemple du système est illustré dans la [Fig.4].
- [0242] Avantageusement, le système est approprié pour implémenter le procédé selon l'invention.
- [0243] Un système selon l'invention comprend un dispositif de chauffage, un dispositif de cintrage, et un dispositif de refroidissement.
- [0244] **Un dispositif de chauffage 11** peut être configuré pour chauffer une partie du composite thermoplastique. Le dispositif de chauffage permet de chauffer localement une partie, ou plusieurs parties, du composite thermoplastique et de le ramollir pour le cintrage final. Avantageusement, le dispositif de chauffage peut être configuré pour chauffer la partie directement ou indirectement, c'est-à-dire par contact direct ou pas, par exemple par transfert de chaleur. Le terme « partie » doit être compris comme une

ou plusieurs parties du composite thermoplastique et d'une ou plusieurs surfaces de la partie du composite thermoplastique.

- [0245] Le dispositif de chauffage peut être choisi parmi un chauffage par conduction, radial et/ou volumétrique.
- [0246] Le dispositif de chauffage peut comprendre un moule, une enceinte, une source de micro-ondes, une source d'IR (NIR/MIR), un souffleur d'air et/ou une source d'induction. Préférentiellement, le dispositif de chauffage comprend un dispositif de chauffage à infrarouge ou un dispositif de chauffage à micro-ondes. Ceci garantit un chauffage suffisamment uniforme de la partie à chauffer jusqu'au cœur du composite thermoplastique en des temps relativement courts, sans que la température dans la surface du composite thermoplastique n'augmente tellement que le matériau thermoplastique se transforme à l'état fluide ou présente une dégradation de surface ou des changements de ses propriétés.
- [0247] Avantageusement, le dispositif de chauffage peut être programmable afin de déterminer une température de chauffage, une température à atteindre (cœur et/ou surface) et/ou un temps de chauffage.
- [0248] Avantageusement, le dispositif de chauffage peut comprendre un ou plusieurs capteurs de chauffage de type IR ou à thermomètre afin de réguler les différentes températures de chauffage et/ou un minuteur, pour réguler le temps de chauffage.
- [0249] Avantageusement, le dispositif peut également comprendre une alarme configurée pour donner l'alerte lorsque la température ou la durée a été dépassée ou pour donner l'alerte lorsque la température ou la durée est atteinte.
- [0250] Préférentiellement, le dispositif de chauffage est agencé en amont du dispositif de cintrage.
- [0251] Selon un mode de réalisation, le dispositif de chauffage peut être régulé et/ou déplacé de manière numérique/automatiquement ou régulé et/ou déplacé manuellement jusqu'à une position de chauffage et retiré. Avantageusement, le dispositif de chauffage peut être amovible.
- [0252] Le système selon l'invention peut comprendre **un dispositif de cintrage 12**. Un dispositif de cintrage est configuré pour créer une section cintrée dans la partie chauffée en cintrant la partie chauffée.
- [0253] Un dispositif de cintrage peut comprendre un moyen de torsion, de cintrage, de courbure et/ou de pliage.
- [0254] Par exemple, le dispositif de cintrage peut comprendre une zone de cintrage comportant un bras de cintrage qui peut tourner autour de la zone de cintrage et qui possède une pince pour serrer la partie chauffée. Le bras de cintrage et la zone de cintrage peuvent tourner chacun autour d'un axe de cintrage prédéterminé.
- [0255] Un dispositif de cintrage peut comprendre des pinces, des mâchoires de serrage pour

le serrage de la partie chauffée et pour la cintrer.

[0256] Un dispositif de cintrage peut être déplaçable.

[0257] En variante, la partie chauffée peut être rotative, par exemple en utilisant des rouleaux, des bobines, motorisés ou non. L'angle de rotation peut être prédéterminé ainsi que la vitesse de rotation. En fonction de l'ampleur de la torsion, il peut être prévu que le dispositif de cintrage réalise un mouvement compensatoire contrôlé dans la direction longitudinale de la partie chauffée.

[0258] Selon un autre mode de réalisation, le dispositif de cintrage peut par exemple comprendre un ou plusieurs rouleaux de pliage ou courroies en vis-à-vis ou surfaces de pliage en vis-à-vis ou courroies en vis-à-vis, ou des surfaces de pliage en vis-à-vis, qui cintent la partie chauffée localement de sorte à accomplir ledit cintrage final.

[0259] Le système selon l'invention peut comprendre **un dispositif de refroidissement 13.**

[0260] Un dispositif de refroidissement est configuré pour solidifier la section cintrée et pour former un composite thermoplastique cintré.

[0261] Préféablement, le dispositif de refroidissement permet de refroidir la partie chauffée suffisamment afin que ladite partie chauffée redevienne solide et puisse être retirée du moule de cintrage sans déformation.

[0262] Avantageusement, le dispositif de refroidissement peut être configuré pour refroidir la partie cintrée directement ou indirectement, c'est-à-dire par contact direct ou pas. Le terme « partie cintrée » doit être compris comme une ou plusieurs parties cintrées du composite thermoplastique et d'une ou plusieurs surfaces de la partie cintrée du composite thermoplastique.

[0263] Un dispositif de refroidissement peut comprendre un refroidissement de la partie cintrée jusqu'à une température de refroidissement à laquelle la section cintrée se transforme en un état thermoplastique ou solide. Préféablement, la température de refroidissement est inférieure à la température de transition vitreuse du composite thermoplastique, par exemple inférieure ou égale à 120 °C, préféablement inférieure ou égale à 110 °C.

[0264] De plus, un dispositif de refroidissement est fourni afin d'obtenir un refroidissement rapide de la section cintrée. Préféablement en un temps inférieur ou égal à 390 secondes.

[0265] Avantageusement, il peut être instantané ou, en variante, un refroidissement lent.

[0266] Pour cela, le dispositif de cintrage peut être équipé d'un dispositif de refroidissement pour refroidir activement la partie cintrée. Ceci peut comprendre de l'air comprimé.

[0267] En variante, le dispositif de refroidissement peut comprendre un refroidissement passif ou un refroidissement automatique. Il peut être un moule, une buse, un circuit réfrigérant, un écoulement d'un fluide de refroidissement et/ou un ventilateur.

[0268] Selon un mode de réalisation, le dispositif de refroidissement peut être intégré di-

rectement dans le dispositif de cintrage.

- [0269] Le système peut être agencé le long d'un dispositif de pultrusion. Un dispositif de pultrusion comprend tous les dispositifs nécessaires à la pultrusion tels qu'un dispositif d'alimentation, un bain de résine, un dispositif d'imprégnation, un dispositif de traction, un dispositif d'évacuation.
- [0270] Avantageusement, le système peut comprendre un IHM ou un module d'automatisation pour configurer des paramètres du système et faire le suivi, contrôler et gérer tous les dispositifs du système, comme la température et/ou la durée.
- [0271] L'invention peut être sujette à de nombreuses variantes et applications autres que celles décrites ci-dessus. Sauf indication contraire, les différentes caractéristiques structurales et fonctionnelles de chacune des implémentations décrites ci-dessus ne doivent pas être considérées comme combinées et/ou liées étroitement et/ou inextricablement les unes aux autres, mais au contraire comme de simples juxtapositions. De plus, les caractéristiques structurales et/ou fonctionnelles des différents modes de réalisation décrits ci-dessus peuvent être le sujet en entier ou en partie d'une quelconque juxtaposition différente ou d'une quelconque combinaison différente.

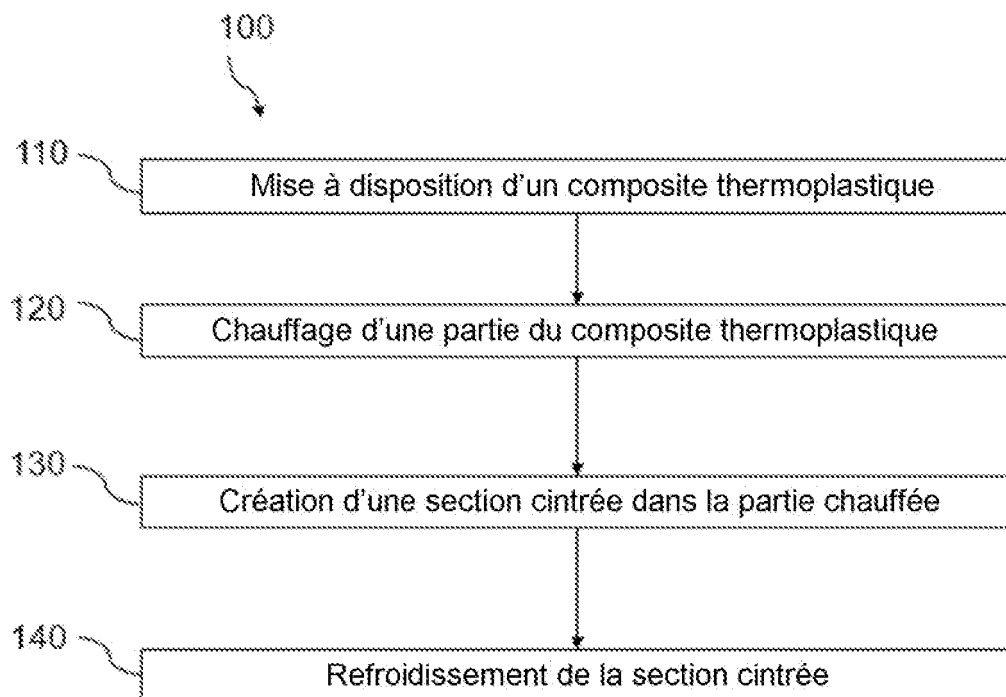
Revendications

- [Revendication 1] Procédé (100) pour la production d'un composite thermoplastique cintré, à partir d'un composite thermoplastique, ledit composite thermoplastique comprenant 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres, ledit procédé comprenant :
- une étape de mise à disposition (110) du composite thermoplastique, préférablement à partir d'un procédé de pultrusion,
 - une étape de chauffage (120) d'une partie du composite thermoplastique, ledit chauffage étant choisi parmi un chauffage par conduction, radial et/ou volumétrique et une durée de chauffage et/ou une température de chauffage étant choisies en fonction d'au moins une épaisseur du composite thermoplastique,
 - une étape de création (130) d'une section cintrée dans la partie chauffée en cintrant la partie chauffée, et
 - une étape de refroidissement (140) de la section cintrée pour la solidifier et pour former un composite thermoplastique cintré, à une température de refroidissement et/ou une durée de refroidissement choisies en fonction de la température de transition vitreuse (T_g) du composite thermoplastique cintré.
- [Revendication 2] Procédé (100) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de chauffage (120) est un chauffage radial, préférablement un chauffage par IR.
- [Revendication 3] Procédé (100) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la durée de chauffage est inférieure ou égale à 95 secondes, préférablement inférieure ou égale à 60 secondes, préférablement avec une température intérieure du composite thermoplastique qui est inférieure ou égale à 180 °C.
- [Revendication 4] Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'entre l'étape de chauffage (120) et l'étape de refroidissement (140), la différence de température entre une température intérieure et une température extérieure du composite thermoplastique va de 0 °C à 50 °C.
- [Revendication 5] Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes,

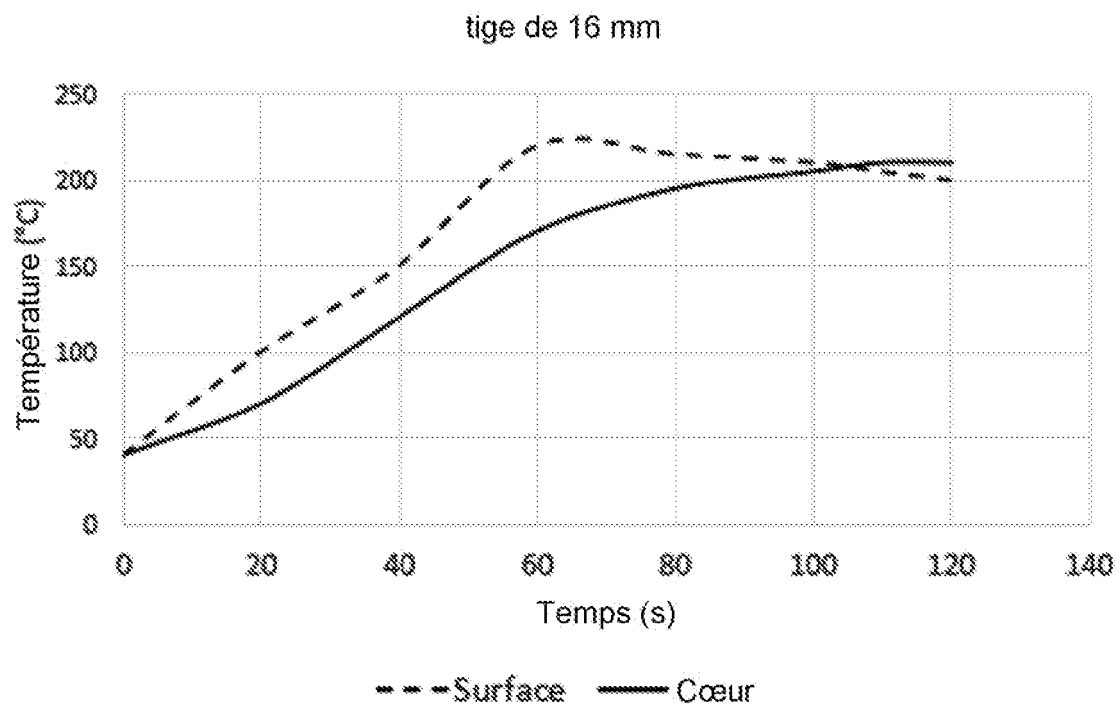
- caractérisé en ce que la différence de température entre une température intérieure et une température extérieure du composite thermoplastique pendant l'étape de chauffage est inférieure ou égale à 80 °C, préférablement en un temps de chauffage inférieur ou égal à 95 secondes.
- [Revendication 6] Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le composite thermoplastique est obtenu à partir d'un procédé de pultrusion, préférablement un procédé de pultrusion réactive.
- [Revendication 7] Procédé (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit composite thermoplastique est réticulé, partiellement réticulé ou non réticulé.
- [Revendication 8] Composite thermoplastique cintré obtenu à partir d'un composite thermoplastique, ledit composite thermoplastique comprenant 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres.
- [Revendication 9] Utilisation d'un composite thermoplastique cintré selon la revendication précédente dans les domaines de l'automobile, des transports, du nautisme, des chemins de fer, du sport, de l'aéronautique, de l'aérospatiale, du photovoltaïque, de la construction et du bâtiment, et/ou dans des applications d'énergie éolienne.
- [Revendication 10] Système (10) pour la fabrication d'un composite thermoplastique cintré à partir d'un composite thermoplastique, ledit composite thermoplastique comprenant 35 % ou moins en volume d'une matrice polymérique comprenant des polymères (méth)acryliques, et au moins 65 % en volume de fibres, ledit système comprenant :
- un dispositif de chauffage (11) qui est configuré pour chauffer une partie du composite thermoplastique, ledit dispositif de chauffage étant choisi parmi un chauffage par conduction, radial et/ou volumétrique et la durée de chauffage et/ou la température de chauffage étant choisies en fonction d'au moins l'épaisseur du composite thermoplastique,
 - un dispositif de cintrage (12) qui est configuré pour créer une section cintrée dans la partie chauffée par cintrage de la partie chauffée, et
 - un dispositif de refroidissement (13) qui est configuré pour solidifier la section cintrée et pour former un composite thermoplastique cintré, à une température de refroidissement et/ou

une durée de refroidissement choisies en fonction de la température de transition vitreuse du composite thermoplastique.

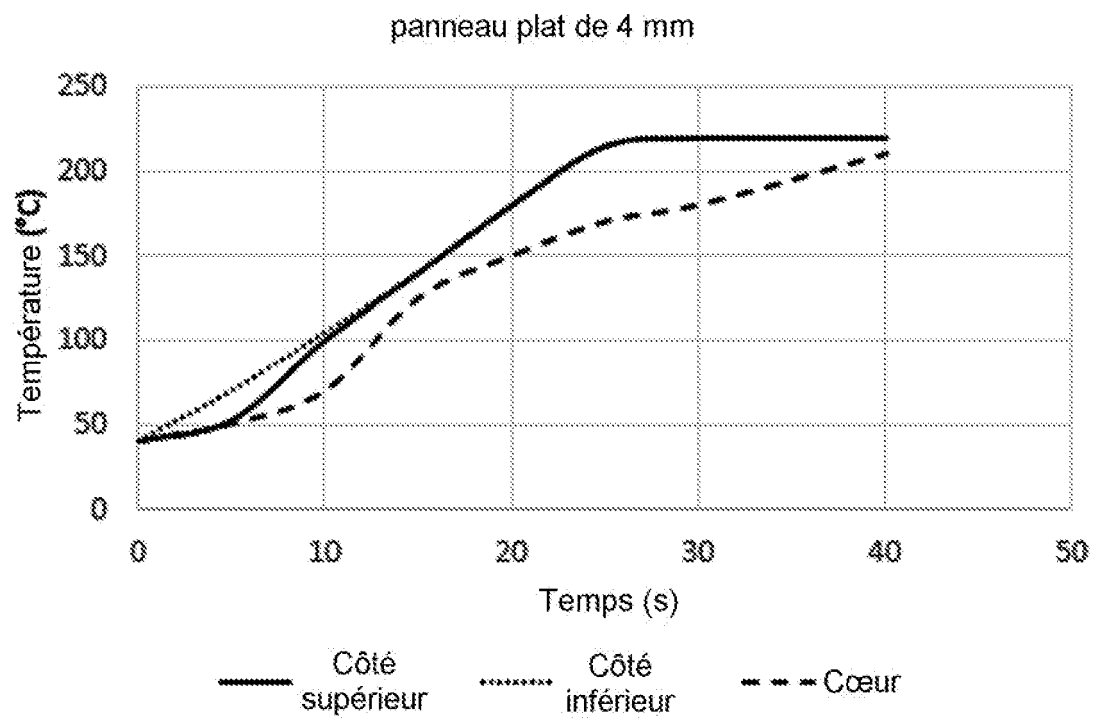
[Fig. 1]



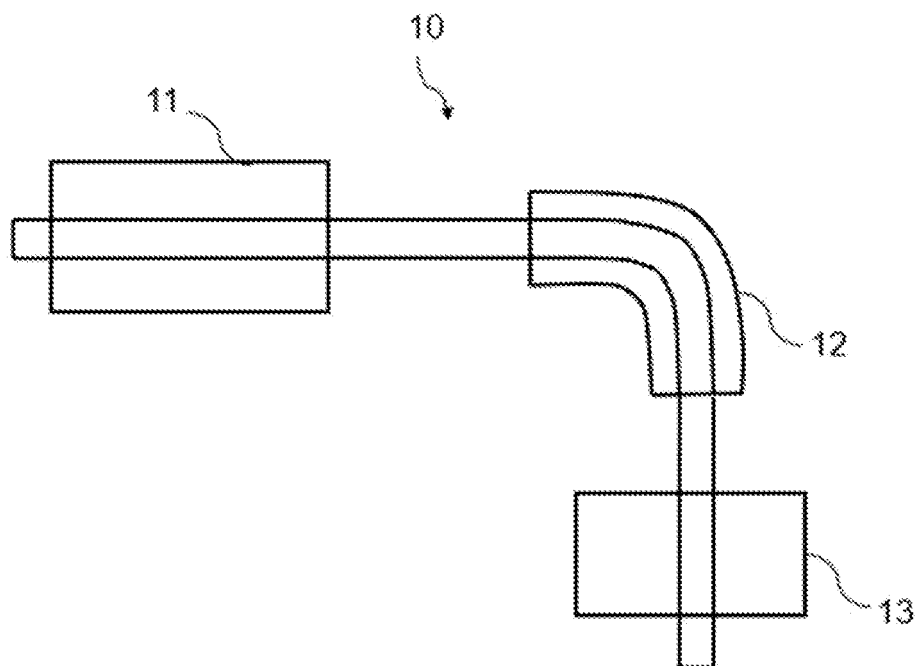
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2004/245665 A1 (TOKAI KOGYO CO LTD)
9 décembre 2004 (2004-12-09)

DE 10 2017 120143 A1 (GROZ BECKERT KG
[DE]) 7 mars 2019 (2019-03-07)

FR 2 687 949 A1 (CAOUTCHOUC MANUF
PLASTIQUE [FR])
3 septembre 1993 (1993-09-03)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT